N° 9 1940-1941

Revue générale des Sciences pures et appliquées

FONDATEUR : L. OLIVIER (1890-1920).
DIRECTEURS : J.-P. LANGLOIS (1910-1923), L. MANGIN (1924-1937), R. ANTHONY (1937-1941).
DIRECTEUR :
J. VILLEY, Professeur à la Sorbonne.

Adresser tout ce qui concerne la rédaction à M. le Dr Gaston DOIN,
8, Place de l'Odéon, Paris (VIe)

La reproduction et la traduction des œuvres et des travaux publiés dans la *Revue* sont complètement interdites en France et en pays étrangers y compris la Suède, la Norvège et la Hollande.

Au moment de mettre sous presse ce numéro, la mort « stupide » est venue enlever à notre affection le Professeur Raoul Anthony qui dirigeait cette revue depuis 1937. J'ai demandé à son élève et collaborateur, le Docteur M. Friant de retracer la carrière Scientifique de notre regretté directeur mais je ne puis le voir disparaître sans lui adresser l'adieu très ému d'un ami. Avec lui s'en va un Savant de « race » car il l'était dans la plus belle définition de ce titre par son amour passionné de la Science, son désintéressement absolu de toutes les vanités humaines, et par la foi qui l'animait dans ses recherches. Avec lui s'en va un honnête homme plein de bonté et de courtoisie et un homme d'esprit qui savait masquer, sous une raillerie indulgente, une serviabilité qu'on ne prenait jamais en défaut.

G. DOIN.

RAOUL ANTHONY
(1874-1941)

Le Maître qui dirigeait le mouvement des recherches d'Anatomie comparée, non seulement en France, mais aussi à l'Etranger, vient d'être subitement enlevé à l'affection et au respect de tous, au moment même où, amis et élèves se proposaient de fêter ses vingt années de Professorat dans la Chaire qui fût celle de Cuvier.

Le Docteur R. Anthony, Professeur d'Anatomie comparée au Muséum national d'Histoire naturelle, Directeur du Laboratoire de Zoologie comparative à l'Ecole des Hautes Etudes, Professeur à l'Ecole d'Anthropologie, Directeur de la *Revue Générale des Sciences*, Chevalier de la Légion d'Honneur, était né à Châteaulin (Finistère), le 12 octobre 1874. Ses études secondaires terminées, R. Anthony devint Etudiant en Médecine à la Faculté de Lyon. L'Anatomie comparée l'attirait déjà et, au cours de sa scolarité, il commença, dans le Laboratoire du Professeur Testut, une thèse importante, qu'il soutint, en 1898, sur le sternum et les muscles pectoraux dans la série des Mammifères. Marey s'intéressa à ses travaux et l'attacha à son Laboratoire de la Station physiologique du Collège de France; sous l'impulsion de ce Maître, R. Anthony fit une série de recherches sur la morphogénie expérimentale. Nommé Assistant de la Chaire d'Anatomie comparée du Muséum en 1903, il en devint, successivement, Sous-Directeur, en 1910, puis Professeur, en 1921. La mort seule pouvait le séparer du cher Laboratoire auquel il avait consacré 39 années de son existence. Docteur ès-Sciences en 1905, R. Anthony laisse une œuvre considérable qui s'étend de la Zoologie spéciale des Invertébrés (Mollusques), à la Biologie, à la Philosophie et même à l'Histoire. Mais c'est, principalement, dans le champ de l'Anatomie générale des Vertébrés et, plus exactement même, des Mammifères, que s'est exercée son activité. Suivant la tradition féconde de Cuvier et de ses successeurs, Paul Gervais, notamment, qui l'a-

vaient précédé dans la Chaire d'Anatomie, R. Anthony n'a jamais séparé l'étude des formes fossiles de celle des formes actuelles, l'Anatomie comparée et la Paléontologie étant pour lui, non seulement inséparables, mais ne constituant qu'une seule et même science dont l'objet est l'organisation des êtres vivants à toutes les époques.

La partie la plus importante de son œuvre scientifique se rapporte à l'Anatomie comparée du cerveau dans la série des Mammifères, alors que les recherches de Broca ne la rendaient possible qu'à l'intérieur du groupe des Primates. R. Anthony a établi le caractère fondamental du *neopallium* mammalien, qui est de posséder, à sa surface externe, un ensemble de sillons arqués à concavité inférieure s'emboîtant les uns dans les autres et circonscrivant, dans leur concavité, la partie de la paroi cérébrale qu'épaissit la présence, à son intérieur, des noyaux gris centraux. Universellement adoptées, les conclusions de R. Anthony inspirèrent, dans tous les pays, les travaux de morphologie néopalléale.

D'autre part, R. Anthony soutint, de toute son autorité, la théorie morphologique dentaire du « Multituberculisme » qui, exposée pour la première fois par M. Friant, dans sa Thèse de Doctorat ès-Sciences, est basée sur l'étude systématique des formes dentaires embryonnaires, actuelles et fossiles. Les recherches de M. Friant ont montré que l'évolution des molaires se fait, surtout, par réduction progressive de leurs éléments cuspidiens et non par complication progressive, comme le voulait le Tritubercularisme américain. Depuis 1930, plusieurs travaux de R. Anthony furent consacrés à établir la portée du « Multituberculisme » qui, né dans son Laboratoire, eût, de suite, des adhérents de la valeur de M. A. C. Hinton et de Kälin et se trouve, actuellement, enseigné, aussi bien à l'Etranger qu'en France, où il constitue une question souvent donnée aux concours d'agrégation de l'Enseignement supérieur (Médecine, Anatomie) et à ceux de l'Enseignement secondaire (Sciences naturelles).

Non seulement par ses publications, mais aussi par son enseignement public et les recherches qu'il a inspirées, R. Anthony a largement contribué aux progrès de la Science. Un grand nombre d'Anatomistes se sont formés à ses côtés et, pour n'en citer que quelques-uns : le Dr H. V. Vallois, Professeur à la Faculté de Médecine de Toulouse, dont les remarquables travaux ont trait à l'Anthropologie physique, les Drs F. Kiss et J. Botar, Professeurs à l'Université de Budapest, auxquels revient l'honneur de la synthèse du système sympathique, question d'importance capitale pour la physiologie et aussi la pratique médicale, le Dr M. Friant, Sous-directeur de son Laboratoire, qui, par ses recherches sur la systématisation du cerveau et de la dentition était considéré, par le Maître lui-même, comme le véritable continuateur de son œuvre.

R. Anthony, durant les 39 ans qu'il consacra au Laboratoire d'Anatomie comparée, s'est toujours passionnément intéressé aux Collections de recherches qu'il a, d'ailleurs, largement contribué à enrichir, et qui comportent un ensemble de pièces viscérales unique au monde, une belle collection d'ostéologie, des collections de cerveaux, d'organes des sens, de formations cutanées, d'embryons et de fœtus.

Mobilisé en 1914, R. Anthony quitta, pour quelque temps, non sans regret, son cher Laboratoire. C'est en 1917, auprès des militaires gazés qu'il était chargé d'évacuer du front, que le Docteur R. Anthony fût atteint des premiers symptômes d'ulcus duodénal. Le Professeur Carnot, qui le soigna, comprit, de suite, l'origine exogène de son affection. Depuis lors, R. Anthony supportait stoïquement les douleurs atroces de l'hypersécrétion gastrique qui revenaient, périodiquement, toutes les 12 heures, avec, parfois, quelques jours de répit et aussi des recrudescences terribles. Et cela dura des années... Lorsque le 29 août 1941, au cours d'un séjour en Bretagne, R. Anthony se trouvant, vers 7 heures du matin, dans le car qui le conduisait à Lanvéoc, il sentit une douleur épouvantable, c'était la perforation de l'ulcus. Après bien des vicissitudes, il fût transporté, trop tard, hélas! 33 heures après la perforation, dans une clinique de Quimper, où l'on tenta de l'opérer sans beaucoup d'espoir de succès. Le Professeur R. Anthony s'éteignit le 1er septembre, à 8 heures du soir, dans la ville même qui avait vu son entrée au Collège. Il garda jusqu'à la fin sa lucidité d'esprit, et ses dernières pensées furent pour ses Collègues du Muséum qui avaient toujours été les véritables compagnons de sa vie, les témoins de ses joies et de ses peines. Quelques heures avant sa mort, il rédigea une lettre à son ami L. Germain, Directeur du Muséum, pour lui expliquer sa maladie, son opération, et lui faire ses ultimes recommandations : sa main était, alors, déjà raide et glacée.

Ce fût à Châteaulin, sa ville natale, que l'on conduisit, le 4 septembre, R. Anthony à sa dernière demeure. Le Professeur L. Germain, Directeur du Muséum, en son nom, au nom de ses Collègues, au nom du Muséum tout entier, vint apporter l'adieu suprême au très grand Savant, à l'Homme de bien, à l'Ami sincère, que fût R. Anthony.

M. FRIANT.

ÉTUDE VISCOSIMÉTRIQUE DES SOLUTIONS COLLOÏDALES

Les solutions colloïdales et les suspensions constituent des milieux extrêmement complexes dont les propriétés se modifient sous un grand nombre d'influences, et même évoluent d'une manière en apparence spontanée par simple vieillissement. Elles ont fait l'objet d'un nombre considérable de recherches depuis qu'à la suite des travaux de Baudrimont, de Semli et de Graham, l'attention des chimistes a été appelée sur eux. Les méthodes de la chimie ordinaire ne fournissant à leur sujet que des renseignements très insuffisants et d'une interprétation fort délicate, on a principalement suivi les multiples transformations dont elles peuvent être l'objet à l'aide de déterminations physiques ou physico-chimiques. Les mesures de densité optique, de pression osmotique, de tension superficielle, d'indice de réfraction, de polarisation en lumière diffusée, de constante diélectrique, de susceptibilité magnétique, etc... ont fourni à leur égard d'importants renseignements.

Bien que les déterminations viscosimétriques aient déjà été largement utilisées par un grand nombre de chercheurs, il a paru à Mlle Thévenet qu'il y avait place pour un travail d'ensemble sur les propriétés des solutions colloïdales suivies par des mesures de viscosité. C'est à ce travail, présenté comme thèse pour le Doctorat ès Sciences, par Mlle Thévenet, à l'Université de Lyon, que nous empruntons les résultats consignés dans cette note.

1. Les renseignements que les mesures de viscosité peuvent fournir sur les solutions colloïdales se rapportent principalement au volume qu'occupent les particules renfermées dans l'unité de volume de la solution colloïdale. Einstein a proposé une relation simple reliant à ce volume la viscosité relative de la suspension par rapport au milieu solvant; mais cette formule ayant fait l'objet de critiques, semble-t-il justifiées, Mlle Thévenet a jugé préférable d'adopter, pour l'interprétation théorique de ses résultats, soit ce qu'elle a appelé la formule d'Einstein généralisée :

$$\eta/\eta_0 = 1 + a\varphi$$

soit une formule proposée par Arrhénius :

$$\text{Log}_e \frac{\eta}{\eta_0} = a\varphi$$

qui se réduit à la précédente pour des valeurs de η/η_0 peu différentes de l'unité, c'est-à-dire pour de faibles valeurs de φ, le coefficient a pouvant avoir des valeurs variables avec la forme des particules en suspension, leur degré d'électrisation, leur constitution, etc.

Pour traduire le lien existant entre la viscosité et la concentration de la suspension colloïdale, l'auteur s'est arrêté à une relation généralisant celle d'Arrhénius :

$$\text{Log}_e \frac{\eta}{\eta_0} = Ac + Bc^2$$

dans laquelle le coefficient A représente la limite vers laquelle tend l'expression $\frac{1}{c} \log_e \frac{\eta}{\eta_0}$, c'est-à-dire $\frac{1}{c} \frac{\eta - \eta_0}{\eta_0}$ lorsque c tend vers zéro. L'auteur a pu, dans quelques cas, obtenir des indications intéressantes sur l'évolution des solutions colloïdales en combinant les mesures de viscosité avec celles de densité optique h et en considérant le coefficient $\omega = \frac{1}{h} \cdot \frac{\eta - \eta_0}{\eta_0}$ ou plus généralement :

$$\omega = \frac{1}{h} \text{Log}_e \frac{\eta}{\eta_0}$$

qui, comme l'a montré A. Boutaric, renseigne sur le nombre N des particules contenues dans l'unité de volume de la suspension.

Enfin, en désignant par φ_0 le volume qu'occuperait à l'état sec la masse des particules contenues dans l'unité de volume de la suspension, par φ le volume qu'occupent réellement ces particules dans la suspension, l'expression :

$$\frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{A\delta}{a}$$

dans laquelle δ représente la densité de la matière constituant les particules et a le coefficient de la formule d'Einstein généralisée, fait connaître le coefficient de gonflement du colloïde au sein du solvant et renseigne sur les variations que peut éprouver ce gonflement sous diverses influences. Les considérations précédentes ont servi de guide dans l'étude que l'auteur a faite des suspensions d'argile, de bentonite, de colloïdes humiques, des sols de sulfure d'arsenic, d'hydrate ferrique et de quelques protéines sériques.

2. Les suspensions d'argile colloïdale ont une viscosité qui croît rapidement avec la concentration, l'expression $\frac{1}{c} \log_e \frac{\eta}{\eta_0}$ variant linéairement en fonction de c. A égalité de concentration, les suspensions d'argile ont une viscosité supérieure à celle des solutions de colloïdes hydrophobes (S^3As^2, $(OH)^3Fe$) et même de sérum albumine, mais inférieure à celle des colloïdes hydrophiles (gomme arabique, colloïdes humiques, bentonite).

Lorsqu'on ajoute de l'alcool à la suspension d'argile, on observe que, contrairement à ce qu'on ob-

tient avec les colloïdes hydrophiles usuels, la viscosité de la suspension par rapport au milieu solvant croît de plus en plus à mesure qu'augmente la teneur de celui-ci en alcool. Ce résultat semble indiquer que l'addition d'alcool n'a pas pour effet de diminuer le volume propre des particules d'argile, et, si l'alcool déshydrate ces particules, il faut admettre qu'il se substitue à l'eau éliminée, à moins que l'alcool s'unisse simplement à l'eau fixée sur les particules, augmentant ainsi le volume de celles-ci. Au contraire, l'acétone, agent de déshydratation plus énergique que l'alcool, détermine une diminution de la viscosité des suspensions colloïdales d'argile par rapport au milieu solvant, ce qui semble indiquer que l'acétone produit une diminution du volume propre des particules.

Observant le volume du dépôt fourni par sédimentation complète d'un volume déterminé de suspension colloïdale d'argile, on a d'ailleurs noté que ce volume est augmenté par la présence d'alcool, diminué par celle de l'acétone, ce qui confirme l'interprétation des résultats relatifs aux variations de la viscosité.

Mlle Thévenet a étudié les variations de viscosité produites par addition de divers électrolytes en quantités croissantes. Par introduction de chlorures de métaux mono, bi ou trivalents, elle n'a pas observé la diminution initiale de viscosité qu'ont révélé ultérieurement les mesures faites sur toutes les solutions colloïdales, mais seulement un accroissement qui devient de plus en plus grand à mesure qu'augmente la concentration en électrolytes. Par addition de soude, la viscosité diminue d'abord, passe par un minimum, croît jusqu'à une certaine valeur maximum, diminue, passe par un minimum et croît ensuite. Par addition de citrate de soude, on observe une légère diminution de la viscosité qui passe par un minimum, croît ensuite, passe par un maximum beaucoup moins net qu'avec la soude, puis décroît pour tendre vers une valeur pratiquement constante dans les limites des concentrations envisagées.

Les suspensions d'argile colloïdale obéissent à la loi de Beer, la densité optique variant proportionnellement à la concentration; tout le long du spectre la densité optique varie en fonction de la longueur d'onde suivant une loi en λ^{-n}, l'exposant n étant inférieur à 4 et égal à 2,26 pour l'échantillon examiné.

Elle a constaté sur des solutions colloïdales d'argile des transformations irréversibles analogues à celles que présentent la plupart des colloïdes suspensoïdes. Après congélation ou évaporation, les particules ne peuvent plus se disperser dans l'eau pour fournir une suspension stable. En fonction du temps, elles éprouvent une évolution d'autant plus rapide qu'elles ont été maintenues à une température plus élevée, cette évolution se traduisant par une diminution progressive de leur viscosité.

3. Les suspensions de bentonite ont une viscosité qui croît avec la concentration, plus rapidement encore que celle de l'argile, l'expression $\frac{1}{c} \log_e \frac{\eta}{\eta_0}$ augmentant avec la concentration suivant une loi légèrement parabolique et beaucoup plus rapidement que pour l'argile.

Par addition d'alcool ou d'acétone, la viscosité rapportée à celle du milieu solvant augmente avec la teneur en alcool ou en acétone, passe par un maximum pour une teneur relativement faible de ces corps, puis décroît régulièrement.

Par addition d'électrolytes en quantités croissantes, on constate que pour les électrolytes à cathion monovalent, la viscosité va d'abord en diminuant, passe par un minimum, et croît ensuite de plus en plus, le milieu devenant nettement thixotropique. Comme pour les colloïdes suspensoïdes usuels, la concentration en électrolytes qui correspond au minimum va en diminuant à mesure que croît la valence du cathion, en même temps que se relève la valeur de ce minimum. La variation est plus compliquée dans le cas des bases et des électrolytes à anion polyvalent, et se traduit par une succession alternée de minima et de maxima.

Contrairement à ce qui se produit pour l'argile, les suspensions de bentonite n'obéissent pas à la loi de Beer, la densité optique augmentant beaucoup plus vite que la concentration. Le long du spectre, la densité optique varie en fonction de la longueur d'onde comme pour l'argile, suivant une loi en λ^{-n}, avec une valeur de n égale à 2 pour la concentration de bentonite utilisée par Mlle Thévenet.

Par congélation ou évaporation à basse température, les suspensions de bentonite ne sont pas détruites, les particules se dispersant à nouveau pour fournir une suspension stable. Mais après calcination, le résidu ne peut plus être remis en suspension. L'auteur n'a pas observé de variations de la viscosité en fonction du temps pour des échantillons maintenus à 0° et 33°. A 70°, la viscosité augmente assez rapidement, contrairement à ce qui se produit pour la plupart des colloïdes étudiés.

4. La viscosité des suspensions de colloïdes humiques augmente rapidement avec la concentration, l'expression $\frac{1}{c} \cdot \log_e \frac{\eta}{\eta_0}$ croissant linéairement avec la concentration.

Par addition d'alcool, la viscosité par rapport

au milieu solvant semble d'abord croître très légèrement, mais après avoir passé par un maximum peu accusé, elle va ensuite en décroissant de plus en plus à mesure que le milieu solvant s'enrichit en alcool, ce qui peut s'interpréter par une déshydratation progressive des particules colloïdales en présence d'alcool. L'acétone fournit des résultats analogues, mais détermine une diminution plus considérable de la viscosité, en rapport avec les propriétés déshydratantes plus énergiques de l'acétone.

La viscosité des suspensions de colloïdes humiques est sensible à l'action des électrolytes, les résultats obtenus étant comparables à ceux ci-dessus mentionnés pour la bentonite.

Les suspensions des colloïdes humiques obéissent à la loi de Beer, la densité optique variant proportionnellement à la concentration.

Les colloïdes humiques sont le siège de transformations irréversibles; les suspensions de ces colloïdes sont détruites par le chauffage, aussi bien que par la congélation. En fonction du temps, elles éprouvent une évolution d'autant plus rapide que la température est plus élevée, cette évolution se traduisant par une diminution progressive de la viscosité.

5. Les sols de sulfure d'arsenic ont des viscosités qui augmentent lentement avec la concentration, la variation de la viscosité en fonction de la concentration est d'autant plus lente que le sol a été préparé depuis plus longtemps et a été conservé à une température plus élevée, le vieillissement déterminant une évolution du sol d'autant plus rapide que la température est plus élevée. En calculant le coefficient a de la formule d'Einstein généralisée, on obtient des valeurs différentes pour les divers échantillons et d'autant plus faibles que le sol a été conservé un temps plus long à partir de sa préparation et à une température plus élevée.

Pour des sols de même concentration, l'un à grains fins (obtenu par barbotage rapide de SH^2), l'autre à gros grains (obtenu par barbotage lent de SH^2), on constate que le sol à grains fins a une viscosité supérieure à celle du sol à gros grains et en même temps que sa viscosité diminue plus rapidement au cours de l'évolution du sol à diverses températures.

Par addition d'un électrolyte en quantités croissantes, la viscosité diminue d'abord, passe par un minimum et augmente ensuite. La concentration nécessaire pour que ce minimum soit atteint est d'autant plus petite que pour un anion donné la valence du cathion associé est plus grande. La valeur de ce minimum croît avec la valence du cathion.

Par évolution spontanée, la viscosité du sol tend vers une valeur très voisine de celle qui correspond au minimum de viscosité fourni par une addition convenable et toujours très faible de ClK. Tandis que les viscosités des sols dont la teneur en ClK est inférieure à celle qui correspond au minimum vont en diminuant en fonction du temps, et que les viscosités des sols dont la teneur en ClK est supérieure, vont en augmentant en fonction du temps, la viscosité du sol renfermant la quantité de ClK correspondant au minimum reste sensiblement stationnaire au cours de l'évolution du sol. L'action qu'exerce Cl^2Ba sur la variation de viscosité du sol au cours de l'évolution de celui-ci est comparable. Tout se passe comme si la présence de l'électrolyte avait pour effet de rendre instantanée l'évolution du sol qui, en dehors de tout électrolyte, se produit lentement au cours du temps.

Des mesures comparatives ont permis à l'auteur de reconnaître que l'évolution du sol de S^3As^2, traduite par la diminution de viscosité, se produit plus rapidement en présence de SH^2; enfin, toutes autres choses égales, la décroissance de la viscosité par laquelle se traduit le vieillissement du sol de S^3As^2 est d'autant plus rapide que l'échantillon étudié est conservé dans un flacon de plus grand volume.

Lorsqu'on ajoute de l'alcool ou de l'acétone à un sol de S^3As^2, on observe une légère diminution de la viscosité du sol par rapport au milieu solvant.

6. La viscosité des sols d'hydrate ferrique augmente avec la concentration, cette augmentation étant d'autant plus lente, que le sol a été préparé depuis plus longtemps. L'expression $\frac{1}{c} \cdot \log_e \frac{\eta}{\eta_0}$ varie à peu près linéairement avec la concentration.

Si l'on calcule le coefficient a de la formule d'Einstein généralisée, on obtient des valeurs très élevées, voisines de 30, ce qui semble en rapport avec la dissymétrie des micelles d'hydrate ferrique.

La viscosité des sols d'hydrate ferrique varie, en fonction du temps, d'autant plus vite que les sols sont conservés à une température plus élevée. A 70°, la viscosité diminue d'abord, passe par un minimum et croît ensuite de plus en plus; aux températures inférieures, la décroissance qui précède le minimum est extrêmement lente, même à 33°. Pour des sols différemment dialysés et conservés à la même température, la variation de viscosité est d'autant plus lente que la dialyse du sol a été plus poussée.

Par addition d'un électrolyte en quantités crois-

santes, la viscosité diminue d'abord, passe par un minimum, et augmente ensuite. La concentration nécessaire pour atteindre la minimum diminue très nettement à mesure que croît la valence de l'anion qui constitue l'ion actif de la floculation et le résultat ainsi obtenu est tout à fait comparable à celui constaté sur le sulfure d'arsenic.

Les sels à anion polyvalent comme le phosphate de potassium et le citrate de sodium fournissent des résultats qualitativement analogues dans les deux zones de non-floculation que présente l'hydrate ferrique par rapport à ces électrolytes.

L'addition d'alcool ou d'acétone à un sol d'hydrate ferrique a pour effet d'augmenter légèrement sa viscosité par rapport au milieu solvant.

7. Les viscosités des solutions d'albumine, de myxoprotéine et de globuline vont en croissant avec la concentration et dépendent du milieu solvant utilisé. Ainsi en prenant comme solvant une série de mélanges tampons, on constate que la viscosité d'une solution d'albumine passe par un minimum pour une valeur du coefficient *p*H voisine de celle qui correspond au point isoélectrique.

La diminution relative de viscosité produite par l'addition d'électrolyte (ClK) à une solution de sérum albumine est à peu près négligeable.

L'influence de l'alcool et de l'acétone est assez faible, cependant la viscosité par rapport au milieu solvant augmente légèrement.

Il est tout à fait remarquable que les solutions de ces protéines présentent à concentration égale des viscosités très faibles, inférieures même à celles des sols de sulfure d'arsenic et d'hydrate ferrique, bien que ces protéines soient souvent regardées comme des colloïdes soi-disant hydrophiles. A cet égard, le tableau ci-dessous, qui donne les viscosités des solutions colloïdales étudiées par l'auteur paraît présenter quelque intérêt.

Nature du colloide	C = 0,01	C = 0,02	C = 0,03
Sérum albumine...	1,048	1,128	1,211
Hydrate ferrique...	1,068	1,148	1,238
Sulfure d'arsenic...	1,126	1,170	1,250
Argile.....	1,170	1,400	1,840
Humus.....	1,440	3,900	6,600
Bentonite.....	1,580	2,500	4,400
Gomme arabique...	1,800	2,560	3,340

En résumé, les recherches poursuivies par Mlle Thévenet permettent de penser que les mesures viscosimétriques sont susceptibles de fournir des résultats intéressants dans l'étude des solutions colloïdales. Ces mesures révèlent souvent plus nettement que la plupart des autres méthodes l'évolution que les solutions colloïdales éprouvent soit spontanément, soit sous diverses influences physiques ou par quelques additions (électrolytes, agents déshydratants, etc.). Associés à d'autres mesures physico-chimiques, les résultats ainsi obtenus permettent d'apporter quelques précisions nouvelles sur la structure de ces milieux colloïdaux qui, malgré le nombre très grand de travaux dont ils ont fait l'objet, apparaissent encore comme bien mal connus et souvent bien décevants pour le chercheur qui les étudie.

A. Boutaric.

LA GEOLOGIE DE LA CHINE

Depuis les travaux fondamentaux de l'illustre F. von Richthofen, l'étude géologique de la Chine a été l'œuvre de nombreux étrangers (parmi lesquels nous avons plaisir à relever ceux de deux géologues français : J. Deprat et P. Teilhard de Chardin) et des géologues chinois depuis quelques années.

L'exposé de la géologie de la Chine présente une difficulté particulière : les géologues chinois divisent l'étude de leur pays en 53 régions et chacune de ces 53 régions possède une échelle stratigraphique particulière, avec des noms locaux. Pour présenter un tableau de la stratigraphie chinoise, il faudrait établir 53 colonnes de 12 noms d'étages en moyenne, soit comparer 636 séries locales.

Par bonheur, deux ouvrages de synthèse facilitent ce travail invraisemblable : *Stratigraphy of China* de Grabau (1928) et la récente *Geology of China* de J. S. Lee (1939). Pour le Tertiaire et le Quaternaire, nous leur avons préféré les travaux de P. Teilhard de Chardin.

Précambrien.

Le vieux socle précambrien, cristallin et métamorphique, affleure largement dans le Nord et l'Est de la Chine, de la Mongolie au Kouantoung.

C'est dans le Shansi que le Précambrien paraît le plus complet. On y reconnaît deux grandes séries, séparées par une discordance visible sur une dizaine de kilomètres : l'Archéen (Taishan) et l'Algonkien (Wutai).

Les roches les plus anciennes sont les granites roses des Monts Luliang, passant à des gneiss gris, des amphibolites provenant de la transformation d'un calcaire, des marbres dolomitiques et des micaschistes.

L'Algonkien (Wutai), épais de 6.000 mètres, se divise lui-même en trois séries, séparées par des discordances : des micaschistes, des quartzites à magnétite et des schistes; des quartzites, des calcaires siliceux et des schistes; des conglomérats, des grès et des chloritoschistes.

C'est après le dépôt de ces roches que se forma

Fig. 1. — Les principales régions de la Chine.

une grande chaîne huronienne, à la suite des mouvements dits de Luliang.

Le Sinien

Au-dessus de l'Algonkien et en discordance, se trouve un ensemble non-métamorphisé, contenant les premières traces d'organismes, et recouvert sans aucune discordance par le Cambrien marin à *Redlichia*.

L'épaisseur de cette formation atteint plusieurs milliers de mètres.

La coupe classique de la passe de Nankou, au NW de Pékin, montre, de la base au sommet : des conglomérats, des quartzites à stratification entrecroisée, 1.000 mètres de calcaire siliceux à *Collenia*.

Dans l'anticlinal de Malanyu (frontière Jehol-Hopei), il y a 1.500 m. de quartzites et conglomérats, puis 1.200 mètres de calcaires à *Collenia*, 400 m. d'une boue consolidée, 1.500 m. de calcaires à cherts et *Collenia*, des calcaires purs, des schistes, des calcaires cambriens à *Redlichia*.

Dans l'anticlinal de Huangling (gorges du Yang-tsé), le Précambrien métamorphique est recouvert en discordance par un grès, puis une formation d'origine glaciaire (la tillite de Nantou), enfin par des schistes et des calcaires à *Collenia* passant au sommet à des couches cambriennes à *Redlichia*.

Tenant compte de la grande discordance séparant le Sinien de la série de Wutai, du fait qu'il n'est jamais métamorphisé et qu'il passe insensiblement au Cambrien marin, qui n'est d'ailleurs peut-être pas du Cambrien tout à fait inférieur, on admet de plus en plus que le Sinien doit rester indépendant de l'Algonkien. Il représenterait un épisode continental (quartzites et tillites) postérieur à la surrection huronienne et antérieur à la transgression marine cambrienne, qui commencerait avec les calcaires à *Collenia*.

Cambrien-Silurien.

Au Cambrien inférieur, le géosynclinal de Mongolie subsiste, isolant l'Asie orientale de l'Inde et de la Sibérie. Il s'y dépose du Cambrien tout à fait inférieur calcaire. C'est de là que part la transgression marine qui va s'étendre sur le Nord de la Chine, un peu avant la fin du Cambrien inférieur. Cet âge est précisé par la découverte, au Shantung d'abord, d'un Trilobite très particulier, *Redlichia chinensis*, retrouvé depuis, de la Perse à l'Australie. La mer s'étale lentement sur la Chine du Sud. Le Cambrien moyen est indiqué par

des schistes et calcaires à *Ptychoparia*, *Drepanura*, *Agnostus*. Le Cambrien supérieur du Shantung est à souligner, parce qu'il contient des Céphalopodes primitifs, qui ont reçu le nom de *Shantungendoceras* et sont de véritables intermédiaires entre les *Volborthella* du Cambrien inférieur et les *Endoceras*.

A la fin du Cambrien, on observe en Mandchourie, deux discordances marquées par des conglomérats et indiquant des mouvements au moins épirogéniques.

On passe insensiblement à l'Ordovicien avec des calcaires récifaux à *Archaeocyathus* et des schistes à *Dictyonema flabelliformis*, tant en Mandchourie que dans la région de Pékin.

La mer ordovicienne tend à s'étaler vers le Sud, apportant une faune de type américain, avec des *Actinoceras*, et des types européens, en particulier des *Orthoceras* longs d'un mètre. Des Graptolithes se rencontrent un peu partout.

La fin de l'Ordovicien est marquée par la phase taconique des mouvements calédoniens. La Chine du Nord émerge en bloc et la mer se trouve refoulée dans le géosynclinal de Mongolie. Dans le Sud, les perturbations, moins violentes, sont marquées par une discordance.

Le Gothlandien y est représenté, depuis les Tsinling jusqu'au Tonkin, par des schistes à Graptolithes et des calcaires à *Spirifer Tingi*. Dans le Sud-Est, de nouveaux mouvements calédoniens provoquent une émersion tandis qu'une grande chaîne NE-SW s'allonge en Chine du Nord.

Dévonien.

L'épisode continental inauguré à la suite des mouvements calédoniens se retrouve actuellement sous forme de nombreux affleurements en tous points analogues aux « Vieux Grès Rouges » de l'Europe et de l'Amérique. On y a découvert des Végétaux (*Arthrostigma*) et des Poissons.

Le Dévonien inférieur est continental, mais dès le début du Dévonien moyen, la mer fait un retour offensif, déposant des calcaires à *Spirifer tonkinensis*, qui sont l'équivalent très exact des calcaires à *Spirifer cultrijugatus* de l'Europe.

La mer coblenzienne et givétienne à *Calceola sandalina*, qui recouvrait le Sud chinois, était en relations avec la mer européenne par la Birmanie, l'Himalaya, le plateau iranien et l'Arménie; elle communiquait aussi avec le géosynclinal ouralien.

On voit ensuite la mer se retirer du Honan, tandis qu'elle reste stable dans le Sud-Ouest.

Le Dévonien supérieur voit la renaissance du géosynclinal de Mongolie, puis une nouvelle transgression, avec une faune représentative de celle d'Europe, par exemple *Spirifer sinensis* au lieu de *Spirifer Verneuili*. On voit arriver des *Manticoceras* nordiques dans le Hounan, à l'époque où les Clyménies descendent jusqu'en Afrique du Nord. Les communications avec la mer boréale sont donc bien établies.

De nouveaux mouvements tectoniques se manifestent à la fin du Dévonien, mais de peu d'importance.

Carbonifère.

En Chine du Nord, le continent est couvert de végétation; on retrouve en particulier *Lepidodendron mirabile* du Culm du Spitzberg.

Une première transgression de la mer tournaisienne se manifeste du Sud-Ouest vers le Nord-Est, atteignant le bas Yangtsé, abandonnant une faune de Brachiopodes et de Coraux. Puis la mer se retire un moment et une nouvelle transgression, viséenne, reprend le terrain perdu, déposant des calcaires à Polypiers et à *Productus semireticulatus*.

La Chine du Sud tend à se soulever (phase hercynienne de Huainan), puis la transgression moscovienne s'étend sur toute la Chine recouvrant les dépôts à *Neuropteris giganteus*, de calcaires à *Fusulina cylindrica*.

Une nouvelle phase orogénique (Kunming) intervient, suivie d'une nouvelle transgression, ouralienne.

Cet Ouralien, riche en Brachiopodes et Coraux, se termine par des couches à *Schwagerina princeps* et des *Triticites*.

Le Nord de la Chine, émergé, était le siège d'une sédimentation continentale active, qui allait continuer au Permien, pour donner le grand bassin charbonnier du Shansi.

Permien.

Le Permien chinois présente des faciès très divers et la série complète a été difficile à établir.

Une coupe classique peut se voir dans la montagne de Chihsiashan, aux environs de Nankin. Au-dessus des couches de passage de l'Ouralien au Permien (à *Schwagerina princeps*), viennent des lydiennes, des calcaires à silex, puis le calcaire de Chihsia proprement dit, avec *Staffella inflata* (=*Fusulina gigas*), *Productus lineatus* et des Polypiers (*Tetrapora*). Au-dessus, viennent les lydiennes supérieures ou des schistes siliceux à *Productus nankingensis* et *Productus chianensis*.

La série marine s'arrête là, recouverte par des couches à *Gigantopteris*.

La présence de *Productus lineatus* dans le cal-

caire de Chihsia indique un niveau inférieur du Permien, car ce mauvais fossile stratigraphique, connu dans le Permien inférieur du Turkestan, est surtout abondant dans le Moscovien de Moscou et l'Ouralien de l'Oural. La série marine permienne n'est donc pas complète aux environs de Nankin. D'autre part, en bien des endroits de la Chine méridionale, la base du Permien manque. La zone inférieure du calcaire de Chihsia est représentée par un faciès latéral, continental, à charbon, dans l'Anhui méridional en particulier.

En Chine du Nord, tout le Permien inférieur est continental. On le connaît en particulier dans le bassin charbonnier du Shansi, où il est caractérisé par des plantes cosmopolites telles que *Sphenophyllum, Taeniopteris multinervis, Walchia*, connues de l'Autunien.

Le Permien inférieur marin lui-même n'est pas encore complet puisqu'il y manque les couches à Fusulinidés. Les couches à Fusulines ont d'abord été découvertes dans le Hupeh et le Yunnan et sont devenues classiques après les travaux de Deprat. Elles présentent une certaine importance dans le Sud-Ouest chinois, où elles se trouvent en liaison avec celles de l'Indochine.

Elles sont maintenant connues sous le nom de « Yangsinien » ou Couches du Maokou. Elles sont caractérisées par la présence de *Neoschwagerina craticulifera, Doliolina lepida, Verbeekina Verbeeki, Sumatrina Annae*, etc.

Quant au Permien supérieur, il a été découvert par F. von Richthofen, dans le bassin du Loping, au NE du Kiangsi. La position stratigraphique des couches du Loping a été précisée dans le Kweitchéou, où elles reposent sur le calcaire du Maokou et sont recouvertes par des couches rouges du Trias inférieur. Vers le sommet des couches du Loping, se trouve un horizon à *Lyttonia nobilis* et *Oldhamina decipiens*.

Un niveau du Permien tout à fait supérieur est connu dans le Hupeh : les couches à *Gastrioceras Zitteli*, intercalées dans les niveaux à charbon. Postérieurement au dépôt des calcaires à Fusulines, des mouvements orogéniques se sont produits (phase de Tungwu). Ils ont été accompagnés, en Chine méridionale surtout, d'épanchements basaltiques considérables, pouvant atteindre jusqu'à 1.000 mètres d'épaisseur. Ces basaltes ont recouvert parfois les calcaires à Fusulines et souvent les couches à charbon de l'Autunien.

<table>
<tr><td colspan="3">LE PERMIEN CHINOIS</td></tr>
<tr><td colspan="2">Couches à charbon et à Gastrioceras Zitteli du Hupeh.</td><td></td></tr>
<tr><td>Couches du Loping</td><td>couches marines à Lyttonia nobilis et Oldhamina decipiens.
couches continentales à charbon avec Gigantopteris.</td><td>Couches de Luipakou : Couches continentales à charbon contenant la flore à Gigantopteris.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Epanchements basaltiques (50 à 1000 mètres)</td></tr>
<tr><td>Couches du Maokou (Yangsinien)</td><td>zone à Plicatifera minor.
zone à Fusulinidés : Neoschwagerina craticulifera, Doliolina lepida, Sumatrina Annae, etc.
zone à Lonsdaleia timorica, Productus nankingensis, Spirigella grandis.</td><td rowspan="2">Couches à charbon du Shansi (zone inférieure)</td></tr>
<tr><td>Séries de Chihsia</td><td>Lydienne supérieure à Productus chianensis et nankingensis.
Calcaire de Chihsia à Staffella inflata et Brachiopodes : zone à Polythecalis yangtseensis, zone à Tetrapora elegantula, zone à Stylidophyllum Voltzi.
Calcaires à silex.
Lydienne inférieure.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Discordance</td></tr>
<tr><td colspan="3">Couches à Schwagerina princeps (Ouralien supérieur)</td></tr>
</table>

Au-dessus des basaltes, la série continentale continue, avec de nouvelles couches à charbon, caractérisées cette fois par la flore à *Gigantopteris*, dont l'âge exact se trouve ainsi rigoureusement établi, correspondant aux couches marines à *Lyttonia*.

Le Permien se termine sur de nouveaux mouvements orogéniques (phase de Suwan).

Trias.

La mer triasique de l'Himalaya et de l'Indochine s'étale sur la Chine du Sud. C'est une mer épicontinentale ayant déposé des schistes à *Pseudomonotis*, des calcaires à *Meekoceras* et *Ophiceras*, *Tirolites* et *Dinarites*. Le Trias marin (couches de Kialing) se termine par 600 mètres de dolomies et de bancs de sel.

Dans la Chine du Nord, au contraire, tout le Trias est continental. Dans le Shansi occidental, il y a 1.000 mètres d'arkoses, de grès et de schistes à végétaux. Dans le bassin du Shensi, on trouve encore un millier de mètres de Trias et de Rhétien à *Thinnfeldia* et *Schizoneura*. Plus au Nord, dans le Sinkiang, le Trias continental a livré une intéressante faune de Reptiles théromorphes du même type que ceux de l'Indochine et de l'Afrique du Sud : *Lystrosaurus* et *Dicynodon*. Ceci implique des relations continentales entre ces régions pourtant éloignées.

A la fin du Trias, des mouvements orogéniques se manifestent par une émersion totale des territoires chinois et par des plissements. Certains auteurs reconnaissent même deux séries de plissements, la première à la fin du Trias et la seconde après le Rhétien. Cette phase correspond à ce que Ch. Jacob a appelé les « mouvements majeurs » de l'Indochine.

Jurassique.

Le Jurassique est continental dans toute la Chine. On ne connaît que deux points de Jurassique marin. Le premier se trouve dans l'île de Hong-Kong où se trouvent des schistes liasiques contenant des Ammonites voisines des *Schlotheimia* : *Hongkongites hongkongensis*.

Le second point se trouve dans la vallée du Lukiang, dans le Yunnan occidental.

Les mouvements orogéniques de la fin du Trias ont provoqué la formation en Chine, de nombreux bassins fermés, dont le centre était occupé par un ou plusieurs grands lacs. Ces bassins jurassiques auront une grande importance économique, parce que des flores luxuriantes y ont constitué des dépôts de charbon, comme dans toute l'Asie. Les grandes cuvettes ne seront comblées qu'à la fin du Crétacé au plus tôt.

La flore comporte les genres *Ctenis*, *Podozamites*, *Pterozamites*, *Pterophyllum*, *Coniopteris*, *Asplenium*, *Ginkgo*, *Baiera*, etc.

Les formations les plus importantes sont connues dans le Shantung, le Shansi, les environs Ouest de Pékin, au Sud des Monts Tsinling, le Hupeh, le Kiangsi, les environs de Nankin, le Fukien.

Tous ces bassins témoignent d'une subsidence probablement prolongée, du fait qu'ils sont remplis de 2.000 et 3.000 mètres de dépôts. Le même phénomène peut toutefois se produire sans aucune subsidence; le Plateau iranien actuel est une cuvette dont les bords s'élèvent à 4 et 5.000 mètres d'altitude tandis que le fond ne se trouve qu'à 300 mètres au-dessus du niveau de la mer. L'accumulation des produits d'une érosion prolongée suffirait à provoquer un remplissage comparable à celui des grandes cuvettes chinoises.

En dehors des bassins où la sédimentation crétacée a fait suite à la sédimentation jurassique, on observe une discordance entre le Jurassique et le Crétacé et cela, depuis la Mongolie jusqu'à la mer. Cette discordance souligne la phase de mouvements orogéniques du Jurassique supérieur de l'Asie, les mouvements Yenshaniens.

Le Crétacé.

Entièrement continental, le Crétacé chinois nous est connu grâce aux dépôts qui se sont accumulés dans une série de cuvettes, de bassins : la Mongolie tout au Nord, puis le Shansi-Shensi, le Szetchouen et le Kweitchéou.

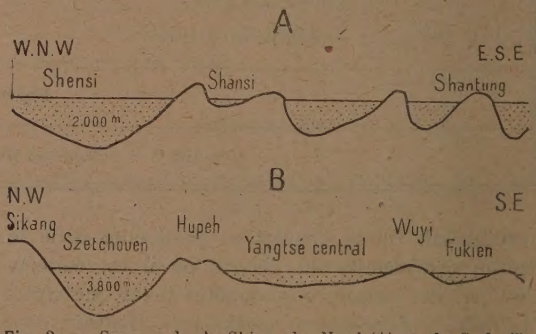

Fig. 2. — Coupes de la Chine du Nord (A) et du Sud (B) montrant le remplissage des bassins à la fin du Crétacé.

Les dépôts atteignent 2.000 mètres d'épaisseur et sont composés de schistes papyracés, d'argiles et de grès, de couleur souvent rouge, qui a fait donner au Szetchouen le nom de « Bassin Rouge ».

Le Crétacé inférieur, de teinte pourprée, a livré

toute une faune de Reptiles : *Psittacosaurus*, *Protiguanodon* (de petits Iguanodontes), *Asiatosaurus*, en Chine du Nord, puis des Dinosauriens voisins du *Brachiosaurus* d'Europe et d'Afrique ont été découverts en Chine du Sud. Le pays, argileux et sableux, marécageux, était parsemé de grands lacs où vivaient des Estheria, divers Mollusques et des Poissons, parmi lesquels les plus abondants sont les Lycoptères. Dans les régions sableuses du Shensi et de l'Ordos, il y avait des forêts de Pins avec sous-bois de Fougères et de Prêles, toute une végétation qui n'est pas très différente de celle Jurassique.

Au Crétacé supérieur, la superficie des grands lacs tend à diminuer. Ces lacs sont peuplés par un Lamellibranche particulier : *Pseudohyria*. La faune de Dinosauriens est très riche en Chine du Nord. Il y a des Théropodes légers et de petite taille comme *Velociraptor* et *Saurornithoides*, puis les premiers Cératopsidés, représentés par *Protoceratops*, qui n'a pas de cornes et dont on a retrouvé les œufs, longs de 15 centimètres. Les Cératopsidés ont pu circuler entre la Chine et l'Amérique. Les *Mandschurosaurus* vivaient de la Mandchourie à l'Indochine, indiquant encore des communications terrestres. Des Titanosaures arrivaient de l'Inde en passant par les lagunes et les lacs du Laos.

C'est encore au Crétacé supérieur qu'apparaissent en Chine les premiers vrais Mammifères placentaires, dont cinq espèces d'Insectivores ancestraux.

Vers la fin du Crétacé, l'activité volcanique reprend avec une violence accrue. D'immenses coulées de rhyolithes, de dacites et d'andésites s'étendant sur le Grand Khingan et sur les provinces de la côte Sud-Est : le Tchékiang, le Fukien et le Kouangfoung. De nombreuses venues granitiques sont du même âge.

A cette activité correspondent des efforts tectoniques qui sont comparables dans le temps à la phase de Laramie en Amérique du Nord.

Le Tertiaire.

A l'Eocène, la Chine est toujours couverte de grands lacs peuplés de Mollusques. Leurs abords sont fréquentés par une faune curieuse, retrouvée tant au Shansi qu'au désert de Gobi.

Dès l'Eocène inférieur, il y avait en Mongolie du Sud un Amblypode herbivore étrange, *Prodinoceras*, qui a trois mètres de long, des membres massifs, une grosse tête, trois paires de protubérances osseuses (sur le nez, sous les orbites et sur le front), de grandes canines de vingt-cinq centimètres à la mâchoire supérieure et un cerveau minuscule. Ces animaux sont passés en Amérique du Nord. Un autre herbivore de Mongolie, *Palaeostylops*, qui présente des caractères de Notongulé, est allé jusqu'en Amérique du Sud.

Des Insectivores primitifs et des Créodontes ressemblent à ceux du continent Nord-atlantique. L'Asie centrale apparaît de plus en plus comme un foyer de vie ayant profité de circonstances exceptionnelles : la permanence continentale, une grande variation des altitudes et des climats, le voisinage de zones récemment émergées.

A l'Eocène supérieur, il y a de petits Lophiodontes, des Titanothères semblables à ceux de l'Amérique du Nord, des Créodontes géants, des Cervidés primitifs comme *Archaeomeryx* et un ancêtre du grand *Baluchitherium*.

En Mongolie et dans l'Ordos, l'Oligocène voit apparaître le *Baluchitherium*, sorte de Rhinocéros géant, atteignant 4 mètres de hauteur, connu jusqu'au Béloutchistan. Il voisine avec des Rhinocéros amphibies, comme *Cadurcotherium* (bien connu dans les phosphorites du Quercy), des Rhinocéros sans cornes (*Preaceratherium*), de nouveaux Titanothères inconnus en Amérique (*Embolotherium*), des Tupaïdés, successeurs de ceux de l'Eocène inférieur, etc.

Après l'Oligocène, il se produit des mouvements orogéniques et épirogéniques (phase de Maoshan), qui doivent occuper une partie du Miocène. Le Pontien est constitué comme dans toute l'Asie, par des cailloutis et des limons rouges contenant des squelettes d'Hipparions. On le connaît en Mongolie, dans le Kansu, le Shensi, le Shansi, formant une grande bande Est-Ouest.

Le Pliocène est surtout connu par son épisode final, le Sanmênien. C'est au Pliocène que les Chameaux arrivent en Asie, venant d'Amérique. A la fin du Pliocène, le Villafranchien d'Europe est exactement représenté en Chine par le Sanmênien, connu par les dépôts lacustres de Nihowan. On voit toujours des lacs à Mollusques, entourés de végétation : *Ulmus*, *Leguminosites*, *Acer*, *Populus euphratica*. La faune possède toujours des Hipparions et des Rhinocéros, il y a des Gazelles et des Autruches, puis les premiers Chevaux.

De nouveaux mouvements épirogéniques se produisent après le Villafranchien-Sanmênien, qui auront une influence déterminante sur l'évolution du climat et de la vie en Chine et en Asie centrale. Les lacs se vident, il ne reste plus que des « nors » et les déserts s'organisent définitivement dans les bassins fermés, tandis que la glaciation commençante va refouler vers le Sud les animaux sensibles au froid.

Le Quaternaire.

Le Quaternaire de la Chine, du Nord surtout, est dominé par la grande glaciation. Deux couches de loess vont recouvrir la Chine du Nord, remplissant les dépressions et tapissant les pentes des montagnes jusqu'à 2.000 mètres d'altitude.

Le loess ancien, rouge, contient une faune de Mammifères, dont des Rhinocéros et des Tigres. C'est au sommet de ces loess anciens, dans des fentes, que se trouvent les dépôts à Sinanthropes des Cervidés, des Spermophiles, des Autruches, tout un mélange qui donne l'impression d'une steppe moins glacée que celle de l'Europe à la même époque. Plus au Nord, en Mongolie, il n'y a plus d'Autruche, mais une faune froide, avec des Rhinocéros, des Mammouths, des Bisons. Le Japon est lié au continent pendant une partie du Quaternaire, puisque les Mammouths ont profité de la régression pour passer au Japon. Des forages exécutés aux environs de Tientsin ont permis de retrouver des dépôts d'eau douce à 150 mètres

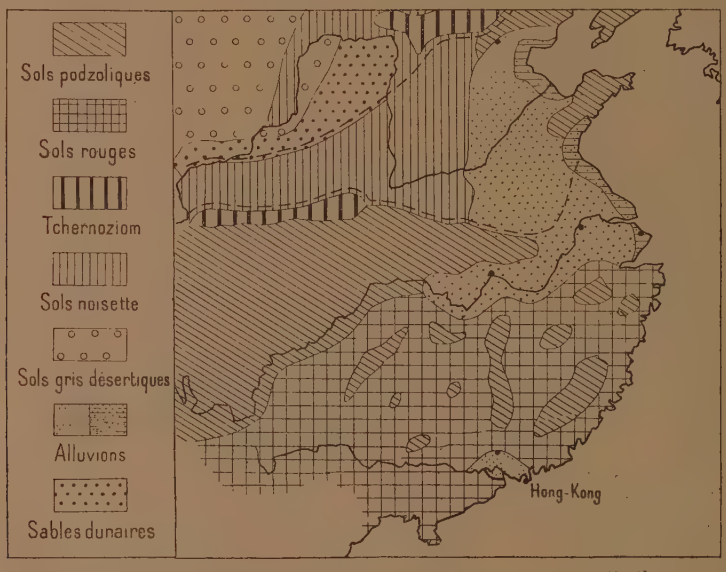

Fig. 3. — Les sols de la Chine (Carte simplifiée, d'après celle de J. THORP). (— — — : limite approximative du loess.)

de Choukoutien (près de Pékin), qui ont livré une trentaine de crânes. Rappelons que ces mêmes dépôts renferment des traces de feu et un outillage lithique de type moustérien. Si le feu et l'outillage ne sont pas l'œuvre des Sinanthropes, c'est qu'ils seraient dus à des Hommes contemporains. La question des Sinanthropes reste entière. On ne peut que rappeler leurs analogies avec les Pithécanthropes et avec la « mâchoire de Mauer ».

Le loess récent est de couleur gris-jaune. On y a retrouvé ensevelie toute la faune chinoise de l'époque : *Rhinoceros tichorhinus* et surtout au-dessous des dépôts marins récents qui affleurent.

Depuis, l'Asie centrale et la Chine ont subi encore un mouvement ascensionnel qui a continué à modifier le climat. Les « nors » quaternaires, modestes héritiers des grands lacs éocènes et crétacés, sont asséchés et les régions à tendance désertique comme le Gobi réalisent cette tendance qu'on leur connaît depuis le Crétacé au moins.

Le réseau hydrographique, les sols et la végétation s'organisent pour arriver lentement à la Chine que nous avons sous les yeux.

Raymond Furon.

FORCE D'INERTIE ET FORCE CENTRIFUGE

AVANT-PROPOS

Nous avons eu l'occasion de constater l'embarras d'un élève sérieux, qui poussait ses études de physique au delà du baccalauréat, devant les notions de Force d'Inertie et de Force Centrifuge. Et nous avons alors eu l'impression que cet embarras venait d'un défaut de distinction nette entre l'une et l'autre de ces deux notions. Nous avons d'ailleurs trouvé la fusion occasionnelle des deux notions, dans quelque ouvrage classique moderne, destiné à l'enseignement supérieur.

Cela nous a porté à rédiger un exposé didactique desdites notions parallèles, puis à ajouter à cet exposé un vœu, manière de conclusion, et une proposition de réalisation de ce vœu.

Nous nous permettons de nous réclamer des pensées, éminemment autorisées, suivantes :

Gabriel LIPPMANN : « Les équations de la Physique ne sont pas des relations analytiques ; ce sont des relations quantitatives entre grandeurs qualitativement irréductibles » — soulignons les mots « qualitativement irréductibles » — (« La Théorie cinétique des gaz et le Principe de Carnot », Congrès International de Physique de 1900, Paris);

M. Edouard LE ROY : « L'appareil des formules mathématiques est néfaste s'il ne sert qu'à couvrir d'une précision illusoire le flou de la pensée concrète » (opinion rapportée par M. C. de la Vallée Poussin, Revue des Questions Scientifiques, 20 janvier 1933).

Disons que nous avons eu le très vif souci de satisfaire à la condition que M. Henri BEGHIN, le distingué professeur de Mécanique Physique, de la Sorbonne, a exprimée en ces termes-ci : « si l'on veut initier des jeunes gens à la mécanique, soit au Lycée, soit à la Faculté, il faut le faire *avec le langage qui est le leur* (souligné par M. Béghin), le seul qu'ils comprennent, en y adjoignant les quelques termes nécessaires et les quelques notions nouvelles clairement précisées » (« La mécanique, science facile », Bulletin de l'Union des Physiciens, avril 1938).

Après et en même temps encore que nombre d'autres, comme nous-même M. Béghin est d'avis que « le bon sens » est une « qualité de premier ordre chez un éducateur ». Respecter avec jalousie le bon sens est un des plus impérieux commandements, dans tout enseignement d'initiation surtout. Ce commandement et la recommandation instante formulée par M. Béghin, au sujet du langage à employer, ordonnent que le mot « inertie » garde ici le sens qu'il a dans le langage courant, faute de quoi le trouble peut être jeté, et il arrive qu'il l'est, dans l'esprit des débutants, lorsqu'ils sont mis en présence du vocable « force d'inertie ». Comme le demande M. Béghin, évitons le plus possible que la terminologie scientifique soit ésotérique, qu'elle soit susceptible d' « é...tonner le bourgeois », voire, ce qui est plus grave, de le gêner, bien que ceux qui sont habitués à son jeu ne se trouvent pas incommodés par les désaccords éventuels avec le sens courant des mots employés, avec les idées que ces mots évoquent dans le langage courant : « la coutume est une seconde nature », a dit Pascal; au moins pour l'initiation, il faut éviter de rompre avec la première nature — avec la première coutume si l'on préfère, Montaigne nous ayant dit que « Les lois de la conscience, que nous disons naître de nature, naissent de la coutume ». Rappelons donc que, dans le langage courant, lorsque nous parlons de la force d'inertie d'un être, expression souvent employée, nous parlons directement d'une action de résistance exercée PAR cet être sur l'entourage qui le sollicite, et non d'une action appliquée SUR cet être.

Se réclamer des pensées de MM. Lippmann et Le Roy que nous avons rappelées ci-dessus, c'est être d'avis, et cela même pour un enseignement d'initiation, que le théoricien de la mécanique ne doit pas se désintéresser, ne pas s'occuper de « la notion physique » sous-jacente aux symboles manipulés, raison d'être de ces symboles; qu'il ne doit pas se cantonner dans l'enseignement du pur mécanisme de l'usage correct de ces symboles, et se contenter de simplement arriver à obtenir de ses élèves l'application correcte aux problèmes concrets des types sur lesquels le dressage a été poursuivi — ce qui peut suffire pour réussir aux examens. En vue de préparer à l'attaque heureuse d'autres problèmes, de types plus ou moins nouveaux, voire plus ou moins imprévus, tels qu'il s'en rencontre constamment en pratique, il est nécessaire de faire ressortir et de préciser, en un mot de faire connaître, aussi simplement et clairement que possible, « la notion physique », la signification *physique* de l'écriture symbolique que l'on adopte et que l'on développe suivant les règles logiquement apprises; et cela en adoptant un vocabulaire en aussi parfait accord que possible avec celui du langage courant, afin de se trouver soutenu le plus possible par le sens physique courant, « le bon sens », et, par réciprocité d'influence, de cultiver celui-ci — il n'est question ici que de l'enseignement de la mécanique des phénomènes à l'échelle humaine, échelle allant de la molécule au système solaire au moins.

L'expérience montre que c'est là une partie spécialement difficile de la tâche du maître. Il doit l'entreprendre de son mieux, et le faisant il ne mérite pas par principe le reproche d' « essayer de philosopher » au risque d' « embrouiller les choses » — ce qui ne veut pas dire que le droit de critique ne reste pas ouvert —; une notion *physique* n'est pas inéluctablement une « notion vague », au sens de notion permettant l'égarement ou même portant à l'égarement.

Obtenir un simple manipulateur bien exercé serait déjà atteindre un résultat appréciable; suivant l'expression employée par Pascal, dans une lettre à Fermat, à l'endroit de celui « qui n'est que géomètre », ce simple manipulateur bien exercé serait « un habile artisan ». Ne doit-on pas viser plus haut en « philosophie naturelle », comme il est dit volontiers, de la mécanique théorique, dans l'école anglaise, dont pourtant les membres ont généralement l'esprit concret et très pratique?

I

Différence fondamentale entre force d'inertie et force centrifuge.

Nous restons ici dans la ligne euclidienne, non relativiste.

La matière est dite *inerte* au point de vue mécanique : Inerte quant à la variation de son accélération, en une position et une vitesse données et pour des circonstances extérieures données, INERTE en ce sens qu'une telle variation ne peut apparaître, sur un petit corps matériel dont la position et la vitesse sont données, que corrélativement à une modification dans les circonstances extérieures.

Quant à la variation d'accélération considérée, l'équivalence d'une modification des circonstances extérieures à l'application d'un effort musculaire, dans de nombreux cas où cette application est possible, a fait dire que lors de ladite modification une *force* se trouvait appliquée au corps. Et la considération du couple action et réaction, dans le cas où deux corps sont en présence l'un de l'autre, a conduit à définir la mesure de la masse d'un corps, par le coefficient m affecté à ce corps, puis celle de l'intensité de la force appliquée au corps, par le produit $m \times g$, où g est la mesure du vecteur supplémentaire apporté à l'accélération du corps par la modification extérieure qui est la cause de la variation d'accélération; et enfin la force appliquée au corps par la modification extérieure en question se trouve figurée symboliquement par le vecteur $m \times \vec{G}$, le vecteur $\vec{G}$ étant le vecteur supplémentaire apporté à l'accélération du corps, par cette modification.

On considère là un corps solide dont toutes les dimensions sont petites à l'échelle humaine, et de ce solide un point dont on repère la position, la vitesse et l'accélération, ce point étant très voisin du centre de figure (centre des moyennes distances) : tout point du corps est voisin de ce centre, vu la petitesse admise, donc se trouve voisin du point repéré, et en conséquence a un mouvement qui reste voisin de celui du point repéré; considérer un point du corps, un point fixé au corps, voisin du centre de figure de celui-ci, au lieu de considérer le centre de masse, dit centre d'inertie ou centre de gravité, c'est faire une approximation plus ou moins grossière sur la vitesse et *a fortiori* sur l'accélération à prendre en considération, mais c'est pourtant de là que sont parties les nombreuses « approximations successives » qui ont conduit, à la longue, aux Principes fondamentaux de la Dynamique classique (mécanique non relativiste), mécanique non héréditaire : l'avenir dépend de l'état cinématique (positions et vitesses) actuel, il ne dépend pas des états antérieurs.

Force d'inertie. — L'effort appliqué au corps A par le corps B est concomitant d'un effort appliqué au corps B par le corps A, et entre ces deux efforts, $m_A\vec{G}_A$ et $m_B\vec{G}_B$, existe la relation

$$m_A\vec{G}_A = -\, m_B\vec{G}_B.$$

L'effort $m_B\vec{G}_B$ est dit la réaction du corps A sur le corps B qui lui apporte le supplément d'accélération $\vec{G}_A$. Puisque $m_B\vec{G}_B = -\, m_A\vec{G}_A$, cette réaction est proportionnelle à la fois au supplément d'accélération apporté *et* à la masse qui reçoit ce supplément : à $\vec{G}_A$ et à m_A. Cela a fait dire que la réaction, résistance ressentie par le corps agissant sur A, appliquée à ce corps si l'on préfère, que la réaction, la résistance du corps A, venait de la masse de A. Nous la dénommerons donc « Résistance de masse ».

Cette résistance de masse est classiquement dénommée « force d'inertie ».

L'association des deux mots « force » et « inertie » n'est-elle pas paradoxale? Le mot inertie ne traduit-il pas habituellement l'incapacité d'un effort? Ce qui est inerte c'est habituellement ce qui ne réagit pas, ce qui est sans force.

L'idée de résistance de masse, de force d'inertie,

est généralisée. Dans tous les cas, même lorsque l'action sur le corps A n'est pas appliquée par un corps B analogue à A, on conserve au vecteur $-\overrightarrow{m_A G_A}$, vecteur égal et directement opposé à celui qui figure l'action appliquée à A, le nom de Force d'inertie de A.

La résistance que le corps A applique du fait de l'existence de sa masse, sur le corps B appliquant une force sur A, la force d'inertie appliquée par A sur B, est une force ayant exactement le même genre de réalité que celle que B applique sur A, c'est-à-dire que toute force appliquée sur A par un agent physique extérieur à A. Soulignons que la force d'inertie de A est une force physique appliquée PAR A; ce n'est pas une force appliquée SUR A.

Force centrifuge. — Soit un corps A. A un certain instant, d'ailleurs quelconque, instant marqué

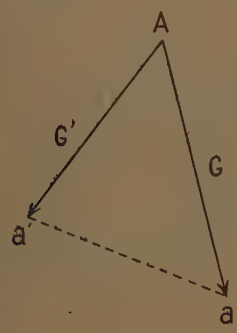

Fig. 1.

par l'heure h, le corps A a par rapport au solide de référence S l'accélération $\Gamma = \overrightarrow{Aa}$ et par rapport au solide de référence S' l'accélération $\Gamma' = \overrightarrow{Aa'}$; à moins que le mouvement relatif entre S et S' soit une translation rectiligne et uniforme, les deux vecteurs Γ et Γ' diffèrent l'un de l'autre, les deux points a et a' sont distincts (fig. 1). La mesure du temps est ici supposée indépendante du solide de référence.

Dans le cas où le vecteur $\overrightarrow{aa'}$ existe, il représente un apport d'accélération dû au changement de solide de référence, de S à S'. Ce n'est pas une accélération supplémentaire apportée à A par l'intervention d'un agent physique. Aussi le vecteur $m_A \times \overrightarrow{aa'}$ n'est-il pas une force physique appliquée sur A, au sens exposé plus haut.

Ce vecteur $m \times \overrightarrow{aa'}$ apporte à l'observateur S', à l'observateur passé de S à S', l'apparence d'une intervention physique nouvelle sur A. Mais pareille intervention n'a pas eu lieu; il n'y a qu'un changement purement cinématique, celui du solide de référence. C'est pourquoi le vecteur $m \times \overrightarrow{aa'}$, qui, au point de vue de la variation de sa grandeur lorsque changent les unités de longueur, de masse, de temps, se trouve avoir les mêmes dimensions que tout vecteur figurant une force physique, a reçu le nom de « Force apparente », en tant que force appliquée sur A.

Cette force apparente reçoit de l'observateur S' la dénomination de « Force centrifuge ». Pour cet observateur S', la force centrifuge est appliquée sur A.

L'épithète « centrifuge » vient de ce que dans un cas simple, qui d'une manière approchée se présente fréquemment, le « *vecteur* » $m \times \overrightarrow{aa'}$ appliqué sur A, c'est-à-dire transporté parallèlement à lui-même de façon à lui donner A comme origine

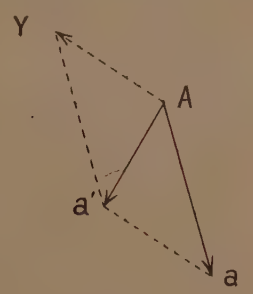

Fig. 2.

(fig. 2), est effectivement centrifuge : partant de A on le décrit en fuyant un centre. Ce cas est celui où le petit corps A serait animé d'un mouvement de rotation uniforme par rapport à un solide de Galilée[1] S et où il serait observé d'un solide S' entraîné dans cette rotation.

Pour obtenir un tel mouvement de A il faut appliquer sur A une force physique, puisque sans aucune intervention de pareille force le corps A serait animé par rapport à S d'une translation rectiligne et uniforme (Principe de l'inertie). L'accélération à apporter doit constamment empêcher le mouvement suivant la ligne d'action de la vitesse, c'est-à-dire suivant la tangente au cercle décrit par A, en rapprochant le corps du centre de ce cercle, afin de le maintenir sur le cercle; et la vitesse étant de grandeur constante, l'accélération à apporter correspond simplement à un rapprochement dirigé vers le centre, ainsi que

1. Solide dont, en particulier, l'orientation est déterminée par trois étoiles apparemment fixes au firmament, par trois directions stellaires fixes.

le montre la cinématique; l'accélération à apporter, $\overrightarrow{Aa}$, est dirigée vers le centre du cercle décrit, elle est centripète, la force physique appliquée à A est donc centripète, elle sera figurée par le vecteur $m \times \overrightarrow{Aa}$ dirigé suivant le rayon AC et vers le centre C. Et sur le corps qui lui applique cette force, le corps A réagit par une résistance de masse, une force d'inertie, que figurera le vecteur $-m \times \overrightarrow{Aa} = m \times \overrightarrow{a}\overrightarrow{A}$.

Par rapport au solide S' animé dans S du même mouvement que A, A est au repos donc son accélération, $\overrightarrow{Aa'}$, est nulle; le point a' coïncide avec le point A.

Dans ces conditions le vecteur $\overrightarrow{aa'}$ est le vecteur $\overrightarrow{a}\overrightarrow{A}$. Opposé au vecteur centripète $\overrightarrow{Aa}$, le vecteur $\overrightarrow{a}\overrightarrow{A}$ est centrifuge. Et la force apparente $m \times \overrightarrow{aa'} = m \times \overrightarrow{a}\overrightarrow{A}$ est figurée par un vecteur centrifuge; on dit que c'est une force centrifuge.

Cette épithète de centrifuge a été conservée dans le cas général du changement de solide de référence, pour la force apparemment appliquée sur A aux yeux de l'observateur S', force apparente répondant au vecteur $m \times \overrightarrow{aa'}$.

Dans le cas général, la cinématique décompose le vecteur $\overrightarrow{aa'}$ en deux autres, qui sont dénommés respectivement accélération centrifuge ordinaire et accélération centrifuge composée, ou complémentaire, ou de Coriolis, de sorte que le vecteur $\overrightarrow{aa'}$ sera plus proprement dénommé « accélération centrifuge totale ». La force apparente $m \times \overrightarrow{aa'}$ sera alors la « force centrifuge totale ».

CONCLUSIONS

1. Lorsque l'accélération concernant le corps A par rapport au solide S' est nulle à l'instant où l'on se place, heure h, le vecteur $\overrightarrow{Aa'}$ est nul, a' coïncide avec A, le vecteur $\overrightarrow{aa'}$ coïncide avec le vecteur $\overrightarrow{a}\overrightarrow{A}$, vecteur opposé à celui qui figure l'accélération de A par rapport à S. Alors, mais seulement alors, la force centrifuge totale, figurée dans le cas actuel par le vecteur $m \times \overrightarrow{aa'} = m \times \overrightarrow{a}\overrightarrow{A}$, et supposée appliquée sur A, se trouve coïncider avec la force d'inertie appliquée par A, force qui est toujours figurée par le vecteur $m \times \overrightarrow{a}\overrightarrow{A}$, opposé à celui qui figure la force physique appliquée à A : $m \times \overrightarrow{Aa}$.

2. Dans le cas général, la force centrifuge totale,

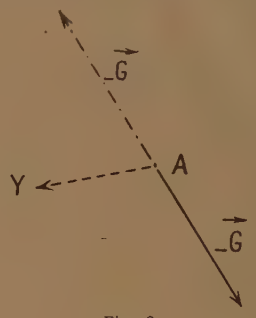

Fig. 3.

qu'apporte le changement du solide de référence, de S à S', force apparemment appliquée sur A, aux yeux de l'observateur S', est figurée par un vecteur *distinct* de celui qui figure la force d'inertie appliquée par A sur l'extérieur de A, pour l'observateur S. *Cette force centrifuge et cette force d'inertie ne sont pas considérées du même solide de référence, et en général elles diffèrent l'une de l'autre* (fig. 3). Et la force centrifuge totale est, elle, toujours complètement une force apparente; elle est purement d'origine cinématique, on peut presque dire d'origine géométrique, elle n'est pas, même pas pour partie, pour certaine composante, d'origine physique, origine physique qui est celle de toutes les forces qui se manifestent lorsque le solide de référence est un solide de Galilée, forces que Paul PAINLEVÉ a dénommées « forces absolues » (le 26 novembre 1936, l'Académie française a défini la signification du mot « absolu » de la façon suivante : « qui ne dépend que de soi ») — il est entendu que nous ne nous plaçons pas ici au point de vue de la relativité générale.

II

Sur l'apparence sensible de la réalité de la force centrifuge qui agirait sur un corps entraîné.

Pour fixer les idées, rappelons les cas très simples suivants, qui illustrent facilement ce qui suit :

1. Un observateur est lié, par exemple simplement par frottement, à un plateau horizontal qui est animé relativement à la terre d'un mou-

vement de rotation rapide sur lui-même (attraction de kermesse), ou bien de l'eau adhère à une toupie en rotation rapide relativement à la terre (essoreuse);

2. Un pendule a comme support un té, dont l'une des branches est horizontale et constitue l'axe du mouvement de rotation du pendule relativement au té, et dont l'autre branche est verticale et constitue l'axe du mouvement de rotation rapide du té relativement à la terre (régulateur à boules de James Watt);

3. Un vase en rotation rapide autour d'un axe, relativement à la terre, reçoit de l'air chargé de poussières (épuration par centrifugeage), ou bien un moule cylindrique à section circulaire est en rotation rapide autour de son axe, relativement à la terre, et il reçoit un produit plastique (fabrication de tubes par centrifugeage).

D'une manière générale, nous dirons que :

Pour séparer d'un corps d'autres corps qui lui sont plus ou moins liés (cas 1 et 2), et qui ordinairement sont plus petits que lui, on agit sur le premier corps afin de donner à l'ensemble un mouvement *à accélérations*, le plus souvent un mouvement de rotation autour d'un axe, *relativement à un système de référence de Galilée*, ou au moins à un système de référence restant très voisin d'un tel système pendant la durée de l'expérience, solide vis-à-vis duquel est valable le principe de l'inertie de la matière, au moins pendans la durée de l'expérience.

Le corps qui les entraîne ne communique l'accélération aux corps liés qu'en exerçant sur eux un effort convenable, vu qu'abandonné à lui-même l'un quelconque de ces corps n'aurait pas d'accélération, en vertu du principe de l'inertie de la matière. Si cet effort demandé à la liaison est trop élevé, en raison de ce que l'accélération à communiquer est relativement grande, la liaison se rompt, et alors l'accélération du corps entraîneur n'est plus communiquée; les corps entraînés dont la liaison est rompue cessent d'avoir l'accélération du corps entraîneur, c'est dire qu'ils se séparent de lui. Le résultat visé est obtenu.

Que, du fait de l'entraînement, il y ait entre le corps entraîneur et le corps entraîné tendance à la séparation (cas 1 et 2) ou tendance à une pénétration (cas 3), au moment où l'un des corps entraînés est sollicité par le corps entraîneur ce corps entraîné oppose toujours au corps entraîneur une réaction. Cette réaction vient du corps entraîné lui-même, elle n'est pas d'origine extérieure et transmise par lui; elle dépend d'un coefficient attaché au corps entraîné et de l'accélération moyenne qui lui est imposée par le corps entraîneur, s'évanouissant en même temps que ce coefficient ou que cette accélération. L'existence de cette réaction est concomitante de celle de l'action appliquée par le corps entraîneur, et la nécessité de cette action-ci est la traduction de la propriété qui est dite l'inertie mécanique de la matière, propriété en vertu de laquelle un corps qui ne se modifie pas physiquement n'a pas d'accélération de lui-même, c'est-à-dire n'a d'accélération que si une action lui est appliquée du dehors; aussi le coefficient qui entre dans la grandeur de la réaction est-il dit « coefficient d'inertie » du corps entraîné — il est la mesure de la masse galiléenne, masse ordinaire.

En vertu de sa tendance intrinsèque à conserver sa vitesse, à n'avoir pas d'accélération, le corps entraîné tend à se séparer du corps entraîneur ou à pénétrer ce corps, corps qui impose une accélération. Cette tendance à la séparation ou à la pénétration contre laquelle lutte le corps entraîneur est pour lui la même que si le corps entraîné subissait *du dehors* une certaine action qu'il transmettrait au corps entraîneur supposé au repos, supposition que ledit corps entraîneur fait nécessairement lorsqu'il rapporte les mouvements à lui; l'action fictive imaginée par le corps entraîneur, toujours opposée de sens à l'accélération imposée par lui, fuit toujours le centre de trajectoire vers lequel va toujours cette accélération, et ainsi l'action fictive est toujours une action centrifuge.

Cette substitution d'une force fictive au repos à la manifestation de l'inertie dans un mouvement nous fait penser à l'expression suivante de M. BERGSON : « métamorphose du vivant en fixe ».

La contrainte imposant une accélération est appliquée à toutes les particules du corps entraîné, elle est répartie dans toute la matière de ce corps. Cette matière est dite plongée dans un champ de force. Un champ de la force fictive est conséquence fatale et absolument immédiate de l'existence du champ d'accélération imposé par le corps entraîneur, par le mouvement de ce corps.

Une telle diffusion d'effort dans un corps se rencontre en gravitation. Aussi M. Albert EINSTEIN a-t-il eu l'idée que la gravité pouvait bien être une sorte de force centrifuge, c'est-à-dire de force fictive, de force apparente provenant simplement d'une inertie se manifestant dans un certain champ d'accélération, le mouvement étant pris par rapport à un système de référence convenablement choisi dans l'espace et le temps.

Notre vue d'une actuelle métamorphose du vivant en fixe nous fait dire qu'en voyant tomber une pomme, par rapport à la terre, NEWTON a eu l'impression qu'une force était appliquée sur

la pomme en raison de la présence de la terre vis-à-vis de cette pomme, force qui serait une traduction de l'existence d'un champ d'accélération imposé à la pomme par la terre [1].

Et le corps entraîné peut lui aussi avoir l'impression qu'une action lui est appliquée *du dehors*, car il subit les mêmes tensions et déformations intérieures que s'il était au repos et pris entre une action d'origine extérieure, mais répartie dans toute sa matière, et une rétention de la part du corps entraîneur.

La sensation de l'existence d'une force d'origine extérieure appliquée sur le corps entraîné a donc lieu à la fois pour le corps entraîneur et pour le corps entraîné.

Cette force, force centrifuge, est *à l'égard du corps entraîneur* une force d'origine extérieure *réelle*. Elle est en effet appliquée sur ce corps par le corps entraîné. Elle est la réaction née de l'action que le corps entraîneur applique réellement sur le corps qu'il entraîne. Elle est donc égale et directement opposée à l'action appliquée par le corps entraîneur, action centripète, et par là elle se trouve être centrifuge, au regard de la trajectoire imposée.

Et cette force est *fictive* en tant que force d'origine extérieure *appliquée au corps entraîné*, comme contre-partie de la force qui est réellement appliquée sur ce corps par le corps qui l'entraîne, contre-partie qui au repos dudit corps entraîné est aussi nécessaire que la force d'origine extérieure réelle, provenant du corps entraîneur, pour obtenir dans le corps entraîné les tensions et déformations qu'il éprouve lors du mouvement qui lui est imposé et *du fait de l'inertie mécanique de sa matière*. Cette force d'origine extérieure fictive, qui serait appliquée *au* corps entraîné, est « la force centrifuge ».

Ne doit-on pas croire que l'idée de cette « force centrifuge » est due à la propension de notre pensée à ramener à un cas plus facile à saisir pour elle, propension qui l'a portée ici à une vue de statique, à un cas de repos par rapport à la terre — par rapport à un système de référence galiléen peut-on dire pratiquement —, cas où le jeu des forces nous est de beaucoup le plus familier. Considérant l'état de tension et de déformation dans lequel se trouve la matière du corps solide entraîné et s'imaginant ce corps au repos, notre intelligence a dû ajouter aux forces d'origine extérieure réelles la force d'origine extérieure fictive qu'est la force centrifuge, afin d'obtenir un ensemble de forces laissant le corps entraîné au repos et établissant dans la matière de ce corps l'état de tension et de déformation que cette matière éprouve réellement au cours du mouvement que le corps entraîneur lui impose. Cette vision est celle qu'à un observateur solidaire du corps entraîneur; la force centrifuge appliquée au corps entraîné est une « force apparente », relativement au système de référence qu'est le corps entraîneur. Ainsi, la force d'origine extérieure fictive est une force, répartie dans tout le corps, qui forme avec les forces d'origine extérieure réelles un système de forces en équilibre.

Le comportement du corps entraîné observé du système de référence constitué par l'espace du corps entraîneur résulte de la combinaison de l'action d'origine extérieure appliquée réellement audit corps entraîné et de la tendance intrinsèque de la matière de ce corps à conserver sa vitesse, de l'inertie de cette matière. Dans ladite combinaison, la part qui revient à cette tendance intrinsèque, à l'inertie, équivaut à la seule action qu'aurait la force d'origine extérieure fictive qu'est la force centrifuge, l'inertie de la matière n'intervenant plus du tout par elle-même, ainsi qu'il en est dans toute question de statique. Cette action de la force centrifuge est purement et simplement une action de remplacement; cette force, une remplaçante imaginée.

Pour un corps entraîné donné, donc avec un coefficient d'inertie donné, en première approximation tout au moins, abstraction faite de la variation de ce coefficient avec la vitesse, la force fictive ajoutée, « force centrifuge », dépend uniquement du champ d'accélération imposé à ce corps par l'entraînement qu'il subit, du champ de l' « accélération d'entraînement », accélération prise par rapport au système de référence galiléen dans lequel se meut le corps entraîneur, système de référence rigoureusement ou pratiquement galiléen, l'espace terrestre par exemple. Et même si l'on tient compte de la variation du coefficient d'inertie avec la vitesse, on peut dire que pour un corps donné la « force centrifuge » ne dépend que de l'état cinématique dans le système de référence galiléen, état de vitesse et d'accélération.

En somme, par rapport au système de référence galiléen, la force *d'inertie* existe à l'égard

1. L'abbé MOIGNO, dans une étude intitulée « Matière et Force » (d'après des articles de son « Cosmos », 1853), a déjà écrit : « Non, Newton n'a pas mérité les plaisanteries acérées, les objections écrasantes sous lesquelles le grand Euler, dans ses incomparables *Lettres à une princesse d'Allemagne*, a enseveli à jamais les partisans des attractions réelles. S'il est quelque chose de certain au monde.. c'est que l'attraction n'est pas une force réelle, mais seulement une force explicative : c'est que tout se passe comme si les corps s'attiraient... Déjà des esprits courageux se sont efforcés d'expliquer par l'inertie et le mouvement le grand fait, le fait capital de l'attraction universelle ; mais ces explications ne sont ni assez nettement formulées, ni assez plausibles... »

du corps entraîneur; c'est la réaction que lui applique le corps entraîné. Et la force centrifuge n'existe pas à l'égard du corps entraîné; mais pour expliquer le comportement de celui-ci il faut tenir compte de la tendance intrinsèque de sa matière à maintenir sa vitesse ainsi que de la contrainte que cette tendance oblige à faire jouer sur cette matière.

Et par rapport au système de référence constitué par l'espace du corps entraîneur, le corps entraîné lié est au repos et contraint, tendu ou pressé. Cet état résulte de la combinaison de l'action appliquée du dehors et de la tendance intrinsèque de la matière entraînée à maintenir sa vitesse par rapport au système de référence galiléen dans lequel a lieu le mouvement d'entraînement. Par rapport au corps entraîneur, cet état de repos et de contrainte s'explique en appliquant au corps entraîné les forces d'origine extérieure réelles et en outre une force fictive faisant équilibre à l'ensemble des autres. L'ensemble des forces d'origine extérieure réellement appliquées au corps entraîné forment l'action appliquée à ce corps et produisant son entraînement dans le système de référence galiléen; la force fictive, répartie dans tout le corps, fait théoriquement équilibre à cette action réelle, elle lui est donc directement opposée, elle est donc équivalente à la réaction appliquée au corps entraîneur par le corps entraîné. Ainsi, au repos relatif, la force fictive, dite « force centrifuge » du corps entraîné, est équivalente à la « force d'inertie » réellement appliquée au corps entraîneur par le corps entraîné.

Terminons en soulignant que dans l'entraînement d'un corps par un autre relativement auquel il reste fixe :

La *force d'inertie* est une force réelle, mais elle n'est pas appliquée au corps entraîné.

La *force centrifuge* est une force fictive, que l'on applique au corps entraîné.

Ces deux forces sont équipollentes entre elles, lire : sont deux systèmes de forces équivalents.

La force réelle appliquée au corps entraîné est la force qui lui donne une accélération, le mouvement étant rapporté au système de référence galiléen, la terre par exemple (en première approximation). Cette force est centripète.

Nous appelons « force réelle », par opposition à « force fictive », ce que Paul PAINLEVÉ a appelé « force absolue », par opposition à « force relative »; en mécanique newtonienne sont « force absolue » : l'effort musculaire, l'effort d'un ressort déformé, l'effort du choc, l'effort de contact d'un solide, la pression d'un fluide, la force électrique, la force magnétique, la gravitation.

III

Force d'inertie physique et force d'inertie mathématique.

Dans ce qui précède, nous avons rappelé l'origine *physique* et la définition de chacun de ces deux concepts, et les propriétés suivantes :

1° La Force d'Inertie d'un point matériel est une force au moins en partie réelle et qui est appliquée PAR la matière de ce point sur le milieu extérieur à cette matière;

2° La Force Centrifuge d'un point matériel est une force complètement fictive et que l'on applique SUR la matière de ce point;

3° Lorsqu'un point matériel a un mouvement provenant de son entraînement par le milieu qui lui est extérieur et qu'il y a repos relatif entre ce point et ce milieu, le vecteur représentatif de la Force d'Inertie du point et le vecteur représentatif de la Force Centrifuge du point sont équipollents;

et nous avons précisé ce que nous entendons par force réelle.

Les deux premières des propriétés rappelées établissent que les deux forces en question sont toujours distinctes et même de nature différente au moins partiellement.

Il y a donc lieu, pour le moins dans l'enseignement d'initiation, où il apparaît que c'est absolument indispensable, de maintenir très sévèrement dans le langage la distinction entre les deux vocables : « Force d'Inertie » et « Force Centrifuge »; de NE PAS DIRE que la force centrifuge est une force d'inertie, de NE PAS EMPLOYER INDIFFÉREMMENT L'UN OU L'AUTRE de ces deux vocables, et cela même lorsque les vecteurs représentatifs des deux forces en question sont coïncidents.

La coïncidence de deux vecteurs est une *propriété* d'ordre mathématique alors que l'identité de deux forces est une propriété d'ordre physique, et dans l'espèce la première propriété n'entraîne pas la seconde, parce que dans l'espèce les points *matériels* d'application sont différents.

En disant cela nous avançons qu'il y a dans les forces une réalité physique. Et dans l'espèce ici considérée il y a qu'une force appliquée *par* une matière est certainement à distinguer d'une force appliquée *sur* cette matière, l'une et l'autre correspondant respectivement à des effets physiques distincts.

La réalité physique de la force n'apparaît pas

sur le vecteur qui la représente; cela permet au mathématicien de donner le nom de force à tout vecteur dont le module a même formule de dimension qu'une véritable force, et ainsi de dire : « Convenons d'appeler *force d'inertie* du point de masse m et d'accélération $\vec{G}$ le vecteur appliqué à ce point matériel et égal et opposé au produit de l'accélération du point par sa masse, le vecteur $-m\vec{G}$ ». C'est un artifice : un changement conventionnel de point matériel d'application, en vue de permettre une élégante simplification de l'expression mathématique des faits mécaniques. Ce transport mathématique est heureux, mais il doit entraîner un changement de nom pour la force, faute de quoi il crée le trouble.

Là où le mathématicien introduit vraiment ce *vecteur* « force d'inertie », cela pour lui faire jouer un rôle actif dans les calculs, là, c'est-à-dire dans le Principe de d'Alembert, il l'applique, « par la pensée » dit-il très judicieusement, sur le point de qui émane la force d'inertie physique de ce point. La force d'inertie du mathématicien se trouve être équipollente au vecteur représentatif de la force d'inertie physique mais *elle n'a pas le même point matériel d'application* que celle-ci; et la force d'inertie du mathématicien prend figure de force centrifuge du point matériel auquel elle se rapporte, parce que comme la force centrifuge elle est « par la pensée » appliquée *sur* ce point.

La force d'inertie du mathématicien n'est donc pas la même force que la force d'inertie physique, bien que ces deux forces aient le même vecteur représentatif : les deux points géométriques d'application sont confondus bien que les deux points matériels d'application soient différents, si l'on veut bien permettre de parler ainsi; la matière à laquelle est appliquée l'une des deux forces n'est pas la même que la matière à laquelle est appliquée l'autre de ces forces.

Le fait que la force d'inertie du mathématicien a « figure », dans les formules, de force centrifuge, explique bien des assertions comme celle-ci :

« Pendant le mouvement il y a équilibre à « chaque instant entre la résultante des forces « appliquées, les réactions et la force d'inertie « $-m\vec{G}$.

« Dans le mouvement circulaire c'est cette force « d'inertie qu'on appelle la force *centrifuge*. »

L'identité possible entre la force d'inertie du mathématicien et la force centrifuge est là exprimée explicitement. Rappelons encore une fois ici que la force d'inertie physique, ressentie par la matière sur laquelle elle s'applique, diffère toujours de la force centrifuge, du fait que la première est appliquée PAR la matière à laquelle elle se rapporte tandis que la seconde se trouve être appliquée SUR cette matière.

Nous venons de citer un physicien, mais qui s'exprime là en mathématicien pur — orthodoxie parfaite.

En présence de telles assertions, les élèves qui ne sont pas uniquement des logiciens sont gênés, certains sont même troublés. Nous ne pouvons pas nous en étonner. En effet, pour eux l'inertie d'une masse se manifeste par une action émanée de cette masse, et c'est à cette action qu'ils sont très naturellement portés à attribuer le nom de « force d'inertie de la masse »; autrement dit, pour eux à ce nom répond naturellement la force d'inertie physique, la véritable force d'inertie dirons-nous.

Aussi pensons-nous qu'un remède soit à apporter.

Les mathématiciens accepteraient-ils que leur force d'inertie ait le nom de « force d'inertie transportée », par exemple — c'est bien long ! —, pour être distinguée de la véritable force d'inertie; pour leur force d'inertie la dénomination : « force d'inertie » est trompeuse, du point de vue physique.

En tout cas, il y aura lieu de respecter très rigoureusement la terminologie précise qui aura été finalement adoptée. Cette terminologie ne devra pas manquer de tenir compte du sens vulgaire des mots, afin d'éviter le trouble actuel des non spécialistes qui ont pourtant besoin de connaître les notions visées. La langue de la Science ne doit-elle pas rester le plus possible la langue de tout le monde; ne doit-elle pas ainsi respecter le bon sens.

IV

Conclusion générale.

1. Par application du Principe d'Unicité, relativement à l'acception générale d'un même vocable, pour tous les domaines où il est en usage, le vocable « FORCE D'INERTIE » devra désigner dans tous les cas, en Mécanique comme ailleurs, une *action réelle* qu'un corps sollicité applique *sur l'entourage* qui le sollicite, manifestation de l'inertie de ce corps.

Pour le domaine de la Mécanique, l'acception qu'ont adoptée dans le passé des professeurs réputés : F. Reech (Cours de Mécanique, 1852),

J.-M.-C. Duhamel (Cours de Mécanique, 2e éd., 1853), Ch. Delaunay (Traité de Mécanique rationnelle, 3e éd., 1863), ..., diffère essentiellement de l'acception actuellement classique, suivant laquelle le vocable « force d'inertie » désigne en Mécanique une *action fictive* que l'on applique *sur le corps* sollicité, dont elle traduit l'inertie.

2. La force RÉELLE appliquée *par* le corps et la force FICTIVE appliquée *sur* le corps sont deux grandeurs « qualitativement irréductibles », suivant une expression de G. Lippmann, que nous avons mentionnée au début de l'avant-propos.

Ces deux grandeurs mécaniques étant essentiellement distinctes, elles doivent recevoir deux dénominations distinctes.

3. La dénomination de la « force réelle appliquée par le corps » sera empruntée au langage courant, puisqu'elle y existe; cela pour satisfaire au Principe d'Unicité. Ce sera donc la dénomination : « force d'inertie ».

La dénomination de la « force fictive appliquée sur le corps » diffèrera de la précédente.

Pour cette « force fictive », déduite de la force réelle, nous avons pensé aux dénominations suivantes : « métadyne » ou « mutaforce », « paradyne » ou « contreforce »; ces vocables sont courts et par là pratiques, et les derniers rappellent l'opposition théorique à la force active appliquée sur le corps. Dans leur Traité de Philosophie Naturelle (« Treatise on Natural Philosophy », Cambridge, 1879), Thomson et Tait ont employé la dénomination : « réaction contre l'accélération (réaction against acceleration) »; celle-ci est trop longue pour être d'un usage courant, elle alourdirait l'énoncé du Principe de d'Alembert et le langage correspondant à l'application de ce principe.

Henri Tripier.

BIBLIOGRAPHIE
ANALYSES ET INDEX

1° Sciences mathématiques.

Beer (Ferdinand). — **Pour continuer le calcul différentiel. Exercices et problèmes résolus.** — Préface de l'abbé MOREUX. — 1 *vol.-in*-16 *de* IX-244 p. *et* 59 *fig. Paris*, 1941. *G. Doin et Cie éditeur.*

Ce volume reprend en les approfondissant les notions enseignées dans le livre de l'abbé Moreux « Pour comprendre le calcul différentiel ». Il se propose surtout pour but de montrer d'une façon détaillée sur des exemples nombreux et gradués le mécanisme de l'application des règles abstraites du calcul différentiel. S'agissant surtout d'enseigner avec clarté sans négliger la rigueur, l'exposé est volontairement restreint aux cas réguliers, les cas particuliers et les exceptions qui pourraient apporter quelques confusions dans l'esprit du lecteur étant volontairement écartés de ce volume qui ne prétend pas remplacer les traités classiques mais préparer à leur lecture. L'exposé de l'essentiel du calcul différentiel s'y trouve réparti en huit leçons.

Les première et seconde leçons, sont consacrées à l'application sur des exemples des règles de la dérivation des fonctions algébriques et à la démonstration et à l'application des règles de la dérivation des fonctions transcendantes simples. Ce calcul est appliqué dans les troisième et quatrième leçons à l'étude des fonctions et à la construction des courbes.

La cinquième leçon montre comment utiliser les formules de Taylor et de Mac Laurin pour des développements en séries simples, pour la détermination des vraies valeurs de certaines formes indéterminées et pour l'étude du comportement des courbes au voisinage d'un point.

La sixième leçon porte sur le calcul différentiel des fonctions de plusieurs variables : notion de dérivée partielle, calculs de dérivées partielles et de différentielles totales, application à la mécanique (travail, fonction de force), application à la thermodynamique (formule de Clapeyron). Ce calcul est appliqué dans la septième leçon au maxima et minima des fonctions de deux variables.

La huitième leçon expose quelques applications du calcul différentiel à la géométrie plane : équations des tangentes et des normales à une courbe, enveloppe d'une famille de courbes planes, courbure, rayon, centre et cercle de courbure, développées et développantes.

Ce livre est terminé par un formulaire rassemblant les principales formules du calcul différentiel utilisées ou démontrées au cours du texte.

G. P.

Ville (Jean). — **Etude critique de la notion de collectif.** Fasc. III. Monographies des probabilités publiées sous la direction de M. E. BOREL. — 1 *vol. in*-8° *de* 144 p. *Paris*, 1939. *Gauthier-Villars, éditeur* (*Prix* : 75 *fr.*).

La théorie des collectifs a été crée par M. de Misés en vue de fournir une solution au problème de la définition de la probabilité. Il s'agit de savoir si des conceptions d'analyse dont l'expression mathématique ne laisse subsister aucune imprécision peuvent être introduites au début du calcul des probabilités de façon à en chasser des termes ou des notions vagues au point de vue mathématique strict mais

que les empiristes jugent suffisamment précis pour servir de base à la construction axiomatique du calcul des probabilités.

L'observation conduit à constater qu'en groupant des résultats assez nombreux de phénomènes aléatoires n'obéissant individuellement à aucune loi connue et ne présentant entre eux aucun lien de causalité apparent, il se produit des permanences auxquelles on peut associer des coefficients numériques. Ceux-ci s'exprimeront par des fréquences et l'on est conduit à identifier pratiquement probabilité et fréquence dans un grand nombre d'épreuve mais en laissant subsister la notion de cas anormal. Si au lieu de parler d'un groupement de fréquences dans un très grand nombre d'épreuves on passe à la limite au sens de l'analyse on arrive à la notion de collectif introduite par M. de Misés, un collectif étant une suite infinie de résultats telle que la fréquence dans la suite des n premiers résultats d'une épreuve donnée tende vers une limite quand n augmente indéfiniment. Si le résultat est l'apparition d'un événement la fréquence totale sera la probabilité de l'événement dans le collectif considéré. La notion de collectif étant une notion purement mathématique la notion de probabilité dans un collectif sera définie par les notions de l'analyse classique.

L'étude critique que fait M. Ville lui permet d'examiner d'une façon précise si la notion de collectif est capable de donner un fondement satisfaisant au calcul des probabilités. Dans la théorie des collectifs seuls sont probabilisables les événements correspondant à des ensembles mesurables au sens de Jordan au lieu des ensembles mesurables au sens de Lebesgue de la théorie classique. D'autre part, il reste à savoir si une suite de résultats obtenus par la répétition d'une épreuve permet d'obtenir un collectif, l'affirmation : la suite des résultats forme un collectif, étant une notion supplémentaire nouvelle.

De plus la théorie introduit des conditions d'irrégularités dont la traduction s'effectue sous forme de critères tels que l'impossibilité de gagner indéfiniment à un jeu équitable en modifiant ses chances par un choix systématique des coups sur lesquels on mise ou par une répartition systématique des mises, critères que M. Ville étudie particulièrement. Par ailleurs la définition de la probabilité par les collectifs semble interdire d'accorder une probabilité a un événement isolé et par suite restreint la portée philosophique du calcul des probabilités.

En conclusion il semble à M. Ville que la probabilité ne puisse se définir que par un passage à la limite empirique, le passage à la limite au sens de l'analyse ne pouvant être utilisé pour définir la probabilité qu'en introduisant des hypothèses restrictives non introduites par le problème mais nécessaires mathématiquement pour assurer la non-contradiction de la théorie. G. P.

Destouches (J. L.). — **Les électrons lourds (Mésotons).** — *1 vol. de 70 p., n° 729 des « Actualités scientifiques et industrielles ». (Prix : 25 fr.). Paris, 1938. Hermann et Cie, éditeur.*

A l'heure actuelle, il n'est pas, en Physique, de question plus digne de passionner les chercheurs que celle des électrons lourds découverts en 1933 par KUNZE, puis signalés à nouveau en 1936 par ANDERSON et NEDDERMEYER.

L'auteur, dans un *premier chapitre*, expose les résultats expérimentaux qui conduisent à prouver l'existence d'électrons lourds. D'après diverses mesures, en particulier celles faites en haute altitude, on doit conclure que la presque totalité des rayons cosmiques primaires seraient des électrons et positrons ou des photons et que les électrons lourds seraient créés dans la haute atmosphère soit suivant un processus de création par paires, soit suivant un processus de création individuelle.

Dans un *deuxième chapitre*, il est montré de quelle manière on a cherché à mesurer la masse et la charge de ces corpuscules.

Dans le *troisième chapitre* se trouvent résumés les principes fondamentaux de la Théorie structurale et les conséquences qu'elle entraîne pour les électrons lourds.

Dans le *dernier chapitre* l'auteur examine, à la lumière des résultats de la théorie structurale, la théorie du passage des électrons lourds à travers la matière; les modifications aux notions fondamentales de la Physique théorique que réclament les propriétés connues actuellement des électrons lourds sont énoncées pour terminer.

En résumé, excellente mise au point d'une question qui semble devoir entraîner d'importants progrès des théories physiques. E. CATTELAIN.

2° Sciences physiques et chimiques.

Garnier (René). — **Cours de Cinématique. T. I.** Cinématique du point et du solide. Composition des mouvements. — *1 vol. in-8° de VIII-213 p. Paris, 1940. Gauthier-Villars, éditeur.*

Ce cours de cinématique reproduit les leçons données par M. Garnier à la Faculté des Sciences de Paris en vue de la préparation au certificat de mécanique rationnelle. Il traite d'une façon générale de la cinématique du point, du champ des vitesses et du champ des accélérations d'un solide, de la composition des mouvements et de la détermination du mouvement d'un solide par son champ de vitesses, en utilisant systématiquement l'analyse vectorielle combinée avec la méthode du trièdre mobile.

Dès l'introduction les principales formules du calcul vectoriel sont introduites et servent de base au développement de la cinématique du point exposée dans le premier chapitre. La méthode du trièdre mobile y sert à établir les formules de Frenet et les formules du trièdre mobile et permet en application d'étudier les mouvements d'un point en coordonnées polaires et en coordonnées sphériques. Cette étude est complétée par la théorie de la méthode de L'Hospital-Poinsot pour la construction des normales aux courbes et aux surfaces et par la théorie de la

méthode de Roberval pour la construction des tangentes.

Le chapitre II traite de la cinématique du solide. Le théorème fondamental qui assimile le champ des vitesses d'un solide à un champ de moments énoncé sous la forme : à tout instant il existe un système S de vecteurs glissants définis à une équivalence près et tel que la vitesse d'un point quelconque M du solide mobile par rapport au trièdre fixe T_1 est représenté par le moment résultant en M du système S, est établi de deux façons différentes : d'une part par la méthode de Delassus qui utilise la propriété d'équiprojectivité du champ des vitesses et d'autre part par la méthode du trièdre mobile. Ce théorème sert de base pour l'étude de l'axe instantané de rotation et pour l'étude du mouvement hélicoïdal introduit successivement par sa double propriété caractéristique de permanence du champ des vitesses par rapport à chacun des systèmes fixe ou mobile. Réciproquement, on montre que tout mouvement à glissières est hélicoïdal. Plus généralement on montre que les cônes de vitesses de G. Kœnigs définis en chaque point sont des éléments géométriques du mouvement réduits à des droites pour un mouvement hélicoïdal uniforme et que, réciproquement si les cônes de vitesses sont réduits à des droites le mouvement est hélicoïdal à loi du temps quelconque. L'étude générale du champ des accélérations permet également l'examen de quelques propriétés remarquables des mouvements : points d'accélération nulle, axe des accélérations.

Le chapitre III développe la théorie de la composition des mouvements : composition des vitesses et composition des accélérations. Le théorème de Coriolis est démontré successivement par la méthode des vecteurs unités, par la méthode de Bour (application à l'hodographe du théorème de composition des vitesses) et par une démonstration vectorielle directe ne faisant pas intervenir le trièdre mobile. Les résultats de cette étude sont ensuite appliqués, d'une part au tracé des tangentes à certaines courbes (hélice, cycloïde), aux mouvements inverses et d'autre part au mouvement d'un solide autour d'un point fixe. La représentation sphérique d'un trièdre par le système des angles d'Euler est discutée en détail et sert de base à l'étude de la distribution des vitesses dans le mouvement autour d'un point fixe.

Le chapitre IV est consacré à la réciproque du théorème fondamental de la cinématique du solide examiné dans le chapitre II. Le système de vecteurs glissants S étant défini à tout instant par ses éléments de réduction, déterminer le mouvement du solide. Suivant que les éléments de réduction du système S sont définis analytiquement soit à l'aide du trièdre mobile T, soit à l'aide du trièdre fixe T_1 deux problèmes sont à considérer. Le premier de ces problèmes est traité successivement par la méthode du trièdre mobile, par la méthode de Darboux qui ramène la détermination du mouvement à celle des solutions d'une équation de Riccati à coefficients complexes, et par l'emploi des angles d'Euler, méthode qui est montrée être équivalente à celle de Darboux. Le second problème est résolu par les méthodes du trièdre mobile et des angles d'Euler. Ces développements sont appliqués en géométrie infinitésimale à la détermination des courbes gauches, planes ou sphériques par leurs équations intrinsèques.

G. P.

Fortrat (R), *Professeur à la Faculté des Sciences et à l'Institut électrotechnique de l'Université de Grenoble.* — **Leçons de radio-électricité.** — 1 *vol. in-8° de 424 p. avec 282 fig. Paris*, 1941, *Masson et Cie, éditeurs.*

L'ouvrage de M. Fortrat constitue un exposé d'ensemble de la Science radio-électrique, ou tout au moins de la partie de cette Science qui est relative à l'utilisation d'ondes entretenues, à l'exception d'ondes amorties. Il constitue un traité intermédiaire entre les ouvrages d'un caractère essentiellement théorique faisant une très large place aux calculs et les ouvrages à tendance exclusivement pratique où la théorie est complètement négligée. L'auteur a pensé, avec juste raison, qu'un ingénieur radio-électrique devait être tout à la fois capable de réaliser les montages qu'il conçoit et d'en étudier théoriquement les caractéristiques. Aussi, son livre, tout en faisant une large place à l'étude expérimentale des phénomènes, développe-t-il en même temps les calculs théoriques destinés à en fournir l'interprétation.

La première partie est consacrée à l'étude générale des courants de haute fréquence : après un exposé d'ensemble des propriétés des circuits, l'auteur envisage leur mode de couplage et les divers modes d'entretien des oscillations harmoniques et des oscillations de relaxation. Les tubes électroniques, dont l'introduction a été le point de départ du magnifique développement de la science radioélectrique durant ces vingt-cinq dernières années, font l'objet de la deuxième partie du traité : après avoir rappelé les principaux caractères de l'émission électronique, l'auteur décrit les redresseurs de courant (valves électroniques), puis envisage la lampe triode et ses multiples applications, examinant en détail les amplificateurs et les oscillateurs à triode.

Les principes de la réception radio-électrique font l'objet de la troisième partie qui comporte deux chapitres relatifs l'un à la réception radio-télégraphique, l'autre à la réception radio-téléphonique. Les tubes électroniques à plusieurs grilles et les tubes à pente variable, dont les applications se sont multipliées depuis une dizaine d'années, sont envisagés dans la quatrième partie. Vient ensuite une étude détaillée de l'émission, comprenant la description des divers types d'oscillateurs et de modulateurs et l'étude des procédés de réglage des émetteurs.

La sixième partie du traité est consacrée aux radiateurs et collecteurs d'ondes. On y trouvera une étude générale de la propagation des ondes dans l'espace et le long des fils, l'analyse des divers modes de rayonnement d'une antenne, la description des principaux types d'antennes d'émission et de réception.

Depuis les débuts de la T. S. F., on a été amené

à produire des fréquences de plus en plus élevées. Après avoir exclusivement utilisé des fréquences de l'ordre de 100 kilocycles pour les radio-communications à grande distance, on s'est aperçu que des ondes très courtes, de plusieurs mégacycles, convenaient beaucoup mieux. Le domaine des ondes ultra-courtes s'étend chaque jour davantage. L'auteur a consacré à ces ondes la septième et dernière partie de son livre, où l'on trouvera d'intéressantes indications sur les oscillateurs à réaction, les oscillateurs électroniques de freinage, les magnétrons, les communications par ondes ultra-courtes.

L'auteur a groupé en appendice un certain nombre de calculs relatifs à la pulsation propre de deux circuits couplés, à la propagation de l'électricité le long d'un fil, à la vitesse de propagation le long d'une ligne double, etc...

Dans un traité de radio-électricité, on eût souhaité trouver quelques chapitres consacrés à la télémécanique et à la télévision, qui constituent deux groupes d'applications des ondes Hertziennes d'un très grand intérêt. Tel qu'il est, il constitue un exposé d'ensemble, généralement clair, qui sera utile à la formation des ingénieurs et des techniciens.

A. BOUTARIC.

Ribaud (G.), *Professeur à la Faculté des Sciences de l'Université de Paris.* — **Les hautes températures**. — *1 vol. in-16 de la* Nouvelle Collection Scientifique *de 173 pages, avec figures. Paris, 1939. Librairie Alcan.*

Dans son livre, M. G. Ribaud, qui s'est spécialisé depuis longtemps dans l'étude des températures élevées et à qui l'on doit dans ce domaine des recherches du plus grand intérêt, a eu l'heureuse idée de réunir en un petit volume d'une lecture facile l'état actuel de nos connaissances sur les divers problèmes se rapportant à la mesure, à la réalisation et à l'utilisation des températures élevées.

Dans le premier chapitre consacré à la mesure ou plus exactement au repèrage des températures élevées, l'auteur insiste sur les difficultés que soulève ce repèrage pour lequel les thermomètres usuels sont inutilisables. Il expose comment ces difficultés ont pu être résolues par les méthodes de pyrométrie optique et il indique les températures qui ont été choisies comme repères dans l'échelle internationale.

Les molécules ou les atomes d'un corps subissent, aux températures élevées, des modifications profondes dont l'étude constitue une branche importante de la Physique. Chaque atome ou chaque groupement d'atomes est un édifice extrêmement complexe dont l'évolution entraîne des phénomènes multiples qui sont passés en revue dans le chapitre II. L'auteur envisage successivement les changements d'état (fusion, ébullition), la métallurgie des hautes températures, les chaleurs spécifiques, les dissociations thermiques, l'émission thermique de lumière, l'ionisation thermique des atomes, l'émission d'électrons par les métaux incandescents, en insistant sur les applications auxquelles ces divers phénomènes ont donné lieu.

L'influence exercée par les températures élevées sur les réactions chimiques fait l'objet d'un chapitre d'un grand intérêt, où sont examinés les lois de variation de la vitesse de réaction avec la température, les équilibres chimiques et leur déplacement par variation de la température, les réactions sur filament incandescent et les réactions entre solides.

Toutes les réactions chimiques qui dégagent de la chaleur seraient susceptibles d'être mises à profit pour l'obtention de températures plus ou moins élevées. En fait, à l'exception des réactions du type « aluminothermie », on n'utilise guère à cet effet que les réactions de combustion. Ces réactions ont ainsi une grande importance pratique que l'auteur ne manque pas de souligner dans les pages où il étudie les divers types de flammes, les températures atteintes dans les combustions et l'influence de la dissociation sur ces températures, la mesure des températures des flammes et les températures limites que ces flammes permettent d'atteindre, les températures d'explosion en vase clos.

Dans le chapitre intitulé « Les Techniques de réalisation des Hautes Températures », l'auteur envisage toutes les possibilités de réalisation des températures élevées en indiquant dans quelles voies s'orientent actuellement les recherches. Il traite d'abord de l'emploi des flammes dans l'obtention des hautes températures en montrant que, non seulement ce domaine n'a pas perdu de son intérêt en ces dernières années, mais qu'il s'est enrichi d'apports nouveaux, tels que l'hydrogène atomique. La partie la plus importante du chapitre est celle qui est consacrée au chauffage électrique sous ces formes les plus variées; ce mode de chauffage, si précieux par les possibilités qu'il offre à l'industrie, se heurte cependant à diverses difficultés qu'il convient de résoudre dans chaque cas particulier; à cet égard, les fours à induction ou à haute fréquence mis au point par M. Ribaud ont constitué un progrès très important dans la production des températures élevées en vue de leur utilisation industrielle dans tous les cas où il est nécessaire que les produits soient soumis à l'action du chauffage à l'abri de toute possibilité de contamination chimique.

En dehors des tubes à luminescence, les divers modes d'éclairage se rattachent à l'émission par rayonnement thermique ou incandescence et, depuis les débuts de l'éclairage artificiel, tous les efforts des techniciens ont été concentrés vers la réalisation de sources lumineuses de températures de plus en plus élevées. Après avoir précisé les liens étroits qui existent entre le rayonnement et la température, l'auteur montre comment les diverses étapes du problème de l'éclairage ont été franchies à mesure que la Science et la technique permettaient de réaliser des flammes de plus en plus chaudes, jusqu'au jour où l'emploi de l'électricité allait transformer complètement la technique de l'éclairage.

Le dernier chapitre de l'ouvrage traite des industries diverses qui relèvent des hautes températures. A la vérité, il est bien peu d'industries qui, à un

certain stade de la fabrication, ne fassent intervenir des températures élevées : on conçoit que l'auteur ne pouvait donner un aperçu complet des industries qui relèvent des hautes températures. Du moins, a-t-il su choisir celles qui présentent un intérêt spécial, soit parce qu'elles utilisent des températures particulièrement élevées, soit parce qu'elles tiennent une place importante dans la vie économique du pays.

Le bref exposé qui précède ne saurait donner qu'une idée fort imparfaite de l'intérêt que présente, aussi bien pour le grand public que pour les spécialistes, le livre si attachant que M. Ribaud a su écrire sur l'état actuel de questions qui ont joué un rôle de premier plan dans l'évolution de l'humanité depuis le jour où nos premiers ancêtres sont parvenus à capter et à utiliser le feu.

A. Boutaric.

3° Sciences naturelles.

Aubert de la Rüe (E.) — **L'homme et le Vent.** (Collection de Géographie humaine). — 1 *vol.*, 219 *p.*, 32 *pl. Paris*, 1940, *Gallimard, éditeur.*

Le vent fait circuler au-dessus des continents les grandes masses de vapeur d'eau évaporée des mers, apportant l'humidité et la pluie, sources de vie. C'est le grand service que l'humanité doit au vent, mais cet ami puissant est en même temps très redoutable.

Le but de cet ouvrage est de montrer de quelle façon l'homme se comporte en présence de cette force naturelle capricieuse. Il cherche tantôt à l'employer et tantôt à s'en défendre.

Le vent, domaine de la météorologie, est étudié dans les premiers chapitres : les types de vent, leurs noms et leurs effets.

Les deux grandes utilisations du vent ont été la navigation à voile et les moulins à vent. Il y en a d'autres, plus modestes.

Les dangers du vent nécessitent beaucoup d'ingéniosité dans les moyens de protection, du sol, des cultures, des troupeaux, des maisons, des forêts, etc. La météoropathologie étudie ses effets physiologiques.

Le hasard des voyages a conduit l'auteur tout autour de la Terre; il a donc vu en divers pays à peu près tous les types de vent, la façon dont on s'en sert, la façon dont on s'en protège. Dans ce livre très bien illustré et de lecture agréable, beaucoup d'exemples proviennent d'observations personnelles et c'est bien la première fois, semble-t-il, que l'étude du vent soit faite du point de vue de la Géographie humaine.

R. Furon.

Bourlière (Dr F.) — **Eléments d'un Guide bibliographique du Naturaliste.** — 1 *vol. in*-8°, 302 p *Mâcon*, 1940.

On sait comme il est difficile de se documenter d'une manière convenable sur un sujet ressortissant à une spécialité que l'on ne connaît pas. A Paris, le remède est facile, parce qu'il est aisé de rencontrer un spécialiste, mais en province et aux colonies, il n'y a aucun secours possible.

Le Dr Bourlière, naturaliste et colonial, a éprouvé cette difficulté et tente d'y remédier en publiant son fichier personnel. Il comble une lacune, car il n'existait aucun guide de ce genre pour les Sciences naturelles. Les événements de 1940 n'ont pas permis à l'auteur de donner à son travail tout le fini qu'il eut désiré. Il faut le remercier de l'avoir publié, car la seconde édition verra disparaître les omissions les plus importantes.

Le Dr Bourlière donne 5813 titres répartis en sept chapitres : Généralités, Europe, Asie, Afrique, Amérique, Océanie, Régions polaires, mers et océans. Chaque chapitre est divisé en un nombre variable de paragraphes traitant chacun d'un pays; à l'intérieur de chacun de ces paragraphes, les titres sont groupés par sujets.

Il ne faut dès lors que quelques instants pour connaître le titre des principaux ouvrages publiés sur les Araignées de la Suisse, les Poissons du Japon, la Géologie de l'Afrique du Sud ou du Honduras, la Flore du Pérou, les Mousses de Java, les Insectes des Iles sub-antarctiques, etc.

Félicitons l'auteur de cet essai réussi, appelé à rendre les plus grands services.

R. Furon.

Furon (R.). — **La Paléogéographie.** Essai sur l'évolution des continents et des océans. — 1 *vol. in*-8° (Bibliothèque scientifique). *de* 530 *pages avec* 136 *figures et* 16 *cartes hors texte. Payot, éditeur. Paris*, 1941 *(prix : 125 fr.).*

Décrire en un ouvrage de 530 pages l'évolution générale du globe, l'apparition, la transformation des continents, et la disparition de certains, les phases successives de la vie à leur surface, retracer les climats, les grands phénomènes physiques qui ont influé sur les uns et les autres, tel est le « tour de force » que vient de réaliser M. Furon dans l'ouvrage qu'il fait paraître : la Paléogéographie.

Le public lettré s'en réjouira, car quel esprit cultivé n'est attiré par la passionnante histoire de la terre et n'a songé aux vicissitudes qu'elle a subies depuis son origine, aux êtres bizarres qui n'y ont souvent fait qu'une courte apparition, tandis que d'autres ont persisté et ont réussi à se perpétuer pendant d'immenses périodes, voire même jusqu'à nos jours.

La tâche était ardue, car parmi les milliers d'observations géologiques publiées dans le monde entier, il fallait discerner, à travers les faits, le jeu des forces si variées intervenant à chaque époque, modifiant sans cesse la forme des mers et des continents, leur profondeur ou leur relief, les associations biologiques qui peuplent les profondeurs des unes, la surface des autres.

Cet ouvrage n'étant pas destiné aux géologues seulement, mais à tous les naturalistes et aux amateurs éclairés, une introduction à la Paléogéographie était indispensable. La première partie de l'ouvrage remplit ce but. On y trouve, en un langage précis

en phrases très claires, un exposé des méthodes de recherche en stratigraphie. Toutes les théories récentes y sont passées en revue et présentées sous une forme simple et accessible; les grandes hypothèses tectoniques y *sont examinées avec un grand sens critique : la théorie de Wegener*, celle d'Argand et des nappes de charriage, l'isostasie, etc... seront revues avec profit pour les spécialistes qui trouveront condensés en quelques pages les arguments favorables ou non à celles-ci.

Après l'étude du milieu marin, on aborde la Paléontologie, où les listes de fossiles sont réduites au minimum sans que ce soit cependant au détriment de la documentation, toujours substantielle et clairement commentée. Avec le domaine continental, l'auteur étudie les faunes actuelles et leur localisation à la surface des continents.

Ainsi préparé, le lecteur peut aborder la seconde partie de l'ouvrage, plus technique et destinée aux naturalistes. Suivant une méthode rigoureuse, l'auteur passe en revue les grands ensembles continentaux actuels : Continent Nord Atlantique, Asie, Afrique, Amérique du Sud, Australie, Antarctide, et les grandes entités géologiques : Gondwanie, Atlantique, Méditerranée, dont on voit s'affirmer peu à peu l'individualité au cours des périodes géologiques. Dans chacune de ces grandes divisions, il examine à chaque période et pour chaque région l'évolution morphologique, climatique, faunique et florale.

Cet ouvrage, unique en son genre dans le monde entier, est une synthèse qui sera favorablement accueillie. Aux géologues, elle rendra le grand service de condenser en quelques pages la matière de nombreux mémoires, souvent importants et parfois inaccessibles. Une bibliographie abondante, mise en notes infrapaginales aidera le recours aux documents originaux. Au public cultivé, il ouvrira sous une forme séduisante, des vues nouvelles sur des questions que de nombreux traités ne font qu'ébaucher. Il faut féliciter l'auteur et l'éditeur d'avoir illustré abondamment ce volume, car sa lecture en est encore facilitée. Les cartes hors-texte constituent les premières images parlantes des continents aux principales périodes géologiques; elles forment à elles seules une documentation inédite, dont le succès certain consacrera la valeur du premier traité français de Paléogéographie.

R. Soyer.

Raguin (E.), *Ingénieur en chef des Mines, Professeur de Géologie à l'Ecole Nationale supérieure des Mines.* — **Géologie des Gîtes Minéraux.** — 1 *vol. in*-8°, 608 *p.*, 138 *fig. Paris*, 1940. *Masson, éditeur* (*Prix :* 140 *fr*).

Nous avons signalé il y a quelques années la « *Géologie appliquée* » de M. Raguin. Le même auteur publie à la même librairie une « *Géologie des Gites minéraux* » qui est la substance même d'un enseignement de cinq années à l'Ecole des Mines de Paris.

L'auteur a les idées claires et il le montre dès les premières pages. « La géologie appliquée, pour tout dire, n'est que le retentissement de la géologie générale dans la pratique, en des modalités infiniment variées ». La géologie des gîtes minéraux s'insère dans le cadre de la géologie générale, car « il n'y aura toujours, en fait, qu'une seule géologie, et non deux, la générale et l'appliquée ». On ne saurait trop souligner la portée de ces phrases pleines de bon sens, alors que des esprits faux et confus ont souvent tenté de faire croire qu'il existait des sciences pures et des sciences appliquées, n'ayant rien de commun entre elles!

Après un chapitre d'introduction donnant les définitions essentielles, trois chapitres étudient la circulation des eaux souterraines, les eaux thermales et les sols. Viennent ensuite les techniques utilisées dans l'étude des gîtes minéraux : cartographie géologique, prospection géophysique, examen des minerais au microscope. Quatre chapitres traitent de la classification des gîtes, d'après l'école américaine.

Les dix-huit chapitres suivants sont consacrés aux matières premières minérales. Pour chaque substance, sont exposés les usages, la valeur de la production, les minerais, la métallogénie, les principaux gîsements. Des coupes de gisements et des cartes géologiques nombreuses rendent très agréable la lecture de cet important ouvrage.

Tout au long des chapitres on sent la double préoccupation de l'auteur, théorique et pratique. Si l'ouvrage s'adresse d'abord aux étudiants, il s'adresse aussi aux ingénieurs et aux exploitants qui y trouveront une documentation à jour. Enfin, ce beau livre intéressera tous ceux qui ont le désir de trouver des renseignements sérieux sur les multiples problèmes posés par la question des matières premières minérales et sur le mode de répartition adopté par la Nature.

R. Furon.

4° Art de l'Ingénieur.

Pelou (M.). — **Les aciers de fabrication française.** — 3e *édition revue et mise à jour ;* 1 *vol.* 24, 5 × 31,5 *de* 140 *p. avec nombreuses fig. et planches, Paris*, 1940. *Editions « Science et Industrie »* (*Prix, broché :* 100 *fr.*).

Nous avons signalé en son temps la première édition de cet important ouvrage qui a été appréciée comme le méritait l'effort de classification dont elle était le résultat. Depuis lors, une deuxième édition s'est trouvée également épuisée, dans laquelle l'auteur avait introduit déjà certains remaniements appréciables.

La mise à jour de la troisième édition porte notamment sur :

— l'augmentation du nombre des aciéries mentionnées dans les tableaux de désignations commerciales;

— la modification de divers tableaux par suite de la création de nouvelles nuances d'aciers;

— la création d'un nouveau groupe pour les aciers de décolletage en raison de l'apparition, sur le marché français, des aciers au plomb.

On ne saurait trop souligner l'intérêt que les

utilisateurs trouveront à consulter cet ouvrage de caractère pratique, dont la documentation est aussi complète que récente. Ph. TONGAS.

5° Divers.

Casson (Stanley). — **Chypre dans l'antiquité.** (Avant-propos et traduction de G. WALTER). — *1 vol. in-8° de la Bibliothèque historique, 214 p. 8 pl. Paris, 1939. Payot, éditeur.*

Chypre, l'île de Vénus, l'île ou croissait l'arbre sur lequel Aphrodite cueillit les trois pommes d'or, la « terre qui sent bon », la terre du henné, du ladanum et des vignes, le royaume des chevaliers de saint Jean de Jérusalem et du Temple, Chypre possède des trésors proto- et préhistoriques.

Il y a environ un siècle qu'un jeune Français, le comte Louis de Mas-Latrie, mit au jour près de Larnaka, une grande pierre de basalte couverte d'inscriptions. C'était la stèle de Sargon. De retour en France, l'heureux fouilleur exprima le vœu de voir le Ministère acheter la stèle pour les collections du Louvre. Il va sans dire que son vœu ne fut pas exaucé. La stèle est maintenant au Musée de Berlin.

En 1850, un autre archéologue français, Caigniart de Saulcy cède au Musée du Louvre des statuettes et des coupes chypriotes, puis le duc de Luynes se rend acquéreur de la « Tablette de Dali » qui devait permettre de déchiffrer l'alphabet. En 1862, le comte Melchior de Voguë et Duthoit explorent l'île et enrichissent les collections du Louvre.

L'île passe ensuite sous le contrôle britannique. On entreprend des fouilles commerciales, mais les troupes anglaises continuent à détruire les monuments qui avaient échappé aux Turcs.

Enfin, depuis 1913 des fouilles bien organisées ont permis de voir enfin Chypre sous son véritable aspect. Les découvertes faites en Crète, en Syrie et en Turquie donnent un nouvel intérêt à Chypre.

Dans l'ouvrage présenté ici, M. Stanley Casson, expose tout ce que l'on sait maintenant : la préhistoire et la protohistoire depuis 4.000 ans avant Jésus-Christ; l'écriture chypriote de l'âge du Bronze, les temps obscurs, les royaumes. Un gros chapitre est consacré à l'art qui est parfaitement original depuis la plus haute antiquité, malgré les relations fréquentes avec l'Orient et la Grèce.

L'ouvrage, bien traduit, est illustré de reproductions de quelques belles pièces du Musée de Nicosie.

R. FURON.

Valéry (Paul), **Lecomte** (Georges), **Gaultier** (Paul), **Borel** (Emile), **Fabry** (Charles), **Caullery** (Maurice), **Roussy** (Gustave), **Hourticq** (Louis), **Samazeuilh** (Gustave), **Calvet** (Monseigneur Jean). — **La France et la Civilisation Contemporaine.** — *1 vol. in-8° de 330 p. (Bibliothèque de Philosophie scientifique). Paris, 1941. Flammarion, éditeur. (Prix: 30 fr.)*

Ce livre, dû à la plume des Maîtres les plus autorisés de la science, des lettres et des arts, montre ce que la civilisation universelle doit à la pensée, à la science, aux lettres et aux arts français depuis cinquante ans. Les Maîtres les plus autorisés dans chaque discipline ont eu à cœur d'exposer avec un soin pieux l'apport du génie français à la civilisation en ces dernières années. Ils témoignent ainsi, avec preuves à l'appui, que la faculté créatrice de la France actuelle, loin de diminuer, n'a fait que croître.

Que ce soit en littérature, en philosophie, en mathématiques, en physique, en biologie, en médecine, en arts, en spiritualité, la France n'a pas déchu. Elle reste l'un des flambeaux de la civilisation.

C'est la conclusion qui découle des études remarquables, pleines de suc sous une forme élégante, que Paul Valéry, Georges Lecomte et Paul Gaultier ont consacrées à la Pensée, à la Littérature et à la Philosophie française de ces cinquante dernières années, Emile Borel, Charles Fabry, Maurice Caullery, Gustave Roussy aux Mathématiques, à la Physique, à la Biologie et aux Sciences médicales, Louis Hourticq, Gustave Samazeuilh aux Arts et à la Musique, Mgr Jean Calvet, enfin, à la Religion en France.

Cet ouvrage constitue la somme de ce qu'a produit le génie français depuis le début du siècle.

S. R.

ACADÉMIES ET SOCIETÉS SAVANTES

DE LA FRANCE ET DE L'ÉTRANGER

ACADEMIE DES SCIENCES DE PARIS

Séance du 19 mai 1941.

1° SCIENCES MATHÉMATIQUES. — **E. Borel** : *Sur certains problèmes d'hérédité connexes au problème de la ruine des joueurs.* On peut par une méthode de dénombrement obtenir la solution de problèmes sur la ruine des joueurs qui s'appliquent facilement à des problèmes posés par la théorie mathématique de l'hérédité. — **E. Cartan** : *Sur les surfaces admettant une seconde forme fondamentale donnée.* — **G. Julia** : *Sur une décomposition en produit infini des opérateurs linéaires de l'espace hilbertien.* — **L. Bachelier** : *Probabilités des oscillations maxima* : application de la loi généralisée des écarts. — **D. Dugué** : *Sur quelques exemples de factorisation de variables aléatoires.* — **M. Loève** : *La loi des grands nombres pour des variables aléatoires liées et des événements liés.* — **E. Brun** : *Diverses remarques concernant les effets thermiques qui accompagnent le déplacement relatif d'un solide et d'un fluide.* — **R. Silber** : *Sur l'effet de souffle d'un tandem d'hélices tournant en sens inverse, sur la portance de l'avion complet et sur le rendement propulsif de l'hélice.* La substitution du tandem d'hélice tournant en sens inverse à une hélice tripale

améliore non seulement le rendement propulsif de l'hélice mais aussi les qualités aérodynamiques de l'avion complet. — **P. Sémirot** : *Application de la transformation de Sundmann au problème d'Euler.* — **G. Beck** : *Résultats récents concernant la théorie quantique des champs.*

2° Sciences physiques. — **F. Charron** : *Altimètre intégrateur.* — **A. Dognon** : *Mesure des tensions interfaciales par la méthode de la lame immergée.* — **H. Deslandres** : *Application à des molécules intéressantes de l'analyse nouvelle des spectres moléculaires. Relations simples entre les fréquences d'une même molécule dans les états gazeux, liquide et solide.* — Mlle **M. Quintin** : *Conductibilité et dissociation de l'acétate de cadmium.* — **P. Jolibois** : *Sur le transport des acides forts et des bases fortes lors de l'électrolyse en solution aqueuse.* Nouvelle théorie de l'électrolyse. — **J. Thybaud** : *Les caractères systématiques des sommes d'intervalles consécutifs entre désintégrations radioactives.*

3° Sciences naturelles. — **L. Glangeaud** : *Evolution des minéraux résiduels et notamment du quartz dans les sols autochtones en Afrique Occidentale française.* — **P. Jodot** : *Sur l'existence d'une ligne de rebroussements des plis posthumes au sud de Reims.* — **V. Frolow** : *La marche des pentes du Niger entre Sama et Diré.* — **H. Scaëtta** : *Amendements à apporter aux sols tropicaux dégradés pour la régénération de la fertilité.* Les engrais chimiques peuvent être remplacés grâce au climat par des roches banales pourries. — **L. Gallien** : *Action du benzoate d'œstradiol en solution huileuse dans la différentiation du sexe d'une race de Rana temporaria L. appartenant au type différentié.*

Séance du 26 Mai 1941.

1° Sciences mathématiques. — **C. Chabauty** : *Sur les points rationnels des courbes algébriques de genre supérieur à l'unité.* — **A. Denjoy** : *Représentation conjointe de l'ordination et de l'énumération d'un ensemble dénombrable par un nombre ou par une figure plane.* — **E. Brun** : *Nouveau dispositif de mesure des coefficients de convection.* Procédé basé sur la photographie directe des lignes isothermes de la surface. — **A. Caquot** : *Soufflerles aérodynamiques avec réservoir aspirateur.* L'aspiration de la tuyère est réalisée par un réservoir mis en dépression à l'aide d'une pompe en fonctionnement continu. — **J. Villey** et **R. Jamin** : *Sur le rendement des soufflerles aérodynamiques à succion sonique.*

Sciences physiques. — **R. Amiot** : *Etude de l'adsorption de divers cations par une méthode polarographique.* — Mlle **M. Perey** et **M. Lecoin** : *Sur le rayonnement γ de l'actinium et de l'actinium K* : L'actinium privé de ses dérivés n'émet pas de rayonnement γ. — **A. Berthelot** et Mlle **T. Yuasa** : *Sur la projection d'atomes par les rayons de recul des désintégrations α.* — **P. Auger** et **J. Daudin** : *Le pourcentage et le rôle des photons dans les grandes gerbes de l'air.* — **C. Racz** : *Sur la cristalloluminescence par refroidissement.* — **R. Jouan** : *Sur un appareil destiné à l'étude de la cinétique d'une réaction rapide comportant l'absorption d'un gaz par une solution.* — **E. Gray** : *Sur une méthode de dosage de l'étain en présence d'antimoine par le cupferron* : Le précipité de sel d'étain obtenu avec le cupferron ($C^6H^5.N(NO)ONH^4$) est collé par de la gélatine précipitée par du tanin au sein même de la solution tenant en suspension ce précipité. — **C. Dufraisse** et **R. Prion** : *Union labile de l'oxygène au carbone. Photo-oxydation des anthracènes 9-nitré et 9.10-dinitré.* — **Buu-Hoï** et **P. Cagniant** : *Sur la constitution de l'acide phénylglyoxyldicarbonique de Graebe.* — **L. Palfray, S. Sabetay** et **A. Rangel** : *Produits d'oxydation et de réduction de l'hydroxycitronnellal.* — **A. Tchitchibabine** et **C. Barkovsky** : *Condensation de la cyclohexanone avec l'aldéhyde acétique et l'ammoniaque en présence d'oxyde d'aluminium.* — **Y. Deux** : *Déshydratation du phényl-1-éthyl-2-propenyl-2-glycol et déshalogénisation argentique de son iodhydrine. Transposition semihydrobenzoïnique.*

3° Sciences naturelles. — **J. Orcel** et **P. Renaud** : *Etude du dégagement d'hydrogène associé au départ de l'eau de constitution des chlorites ferromagnésiennes.* Le dégagement d'hydrogène constaté confirme l'hypothèse que l'eau est réduite par le fer bivalent au moment de son départ. — **P. Jodot** : *Relations entre l'axe transversal des rebroussements tectoniques champenois et la géologie profonde.* — **P. Fallot** : *Les phases orogéniques du Rif, comparées à celles des chaînes atlasiques.* — **P. Bertrand** : *Observations au sujet d'une note de M. E. Boureau sur les dispositions vasculaires excentriques et pseudo excentriques.* — **M. Nihous** : *Repos apparent et repos réel des graines et semences.* Le long repos des graines et semences n'est qu'apparent chez beaucoup d'espèces. Il est provoqué par la résistance des enveloppes. — Mlle **E. Bachrach** et **N. Guillot** : *Influence des conditions ioniques sur l'optimum thermique des fonctions physiologiques.* — **A. Jullien** et Mlle **A. Bonnet** : *Toxicité de la pourpre en rapport avec la présence des substances à action stimulante sur le muscle de sangsue.* On peut rattacher les propriétés toxiques de la pourpre de murex trunculus à la présence de substances à action stimulante sur le muscle dorsal de la sangsue. — **J. Monod** : *Sur un phénomène nouveau de croissance complexe dans les cultures bactériennes.* La croissance qui n'est fonction que de la concentration de la source hydrocarbonée, pour certains mélanges de deux sucres donne deux croissances distinctes séparées par une phase ralentie pouvant être nulle ou négative. **D. Santenoise** et **D. Bovet** : *Rôle du pancréas dans la régulation du pouvoir choline-estérasique du sérum sanguin.* — **M. R. Lecoq** : *Le rôle de l'alcalose dans la production du rachitisme expérimental.* Le rachitisme expérimental peut être envisagé comme une manifestation d'alcalose et combattu par un acide sans que les conditions de carence de la ration soient modifiées. — **L. Lapicque** : *Une algue marine peut fournir de grandes quantités d'un aliment égal à l'avoine pour chevaux, bétail et volaille.* Les algues d'été après lavage dans un lait de chaux léger suivi d'un rinçage peuvent constituer un aliment pour les chevaux et les bêtes à cornes. — **E. L Bouvier** : *Sur les crabes cotystoïdes.*

Le Gérant : Gaston Doin

Sté Gle d'Imp. et Edit., 1, rue de la Bertauche. Sens. — 10-41.